# SONOGRAPHISCHE BESTIMMUNG DES LEBERVOLUMENS

INAUGURAL–DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

vorgelegt von

RÜDIGER GLASE
aus Holzminden

BONN 1980

# SONOGRAPHISCHE BESTIMMUNG DES LEBERVOLUMENS

INAUGURAL–DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

vorgelegt von

RÜDIGER GLASE
aus Holzminden

BONN 1980

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

Referent: Priv.-Doz. Dr. D. Koischwitz
Korreferent: Prof. Dr. S. Miederer

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Aus der Radiologischen Universitätsklinik Bonn

Direktor: Prof. Dr. P. Thurn

Druck: Dissertationsdruck M. Wehle, Hauptstr. 240
5305 Witterschlick; Tel. 02221/641113

meiner Mutter gewidmet

Inhaltsverzeichnis


| | | Seite |
|---|---|---|
| 1. | Die Bedeutung der Lebervolumenbestimmung | 8 |
| 2. | Verschiedene Verfahren der Lebergrößenbestimmung | 10 |
| 2.1 | Die Lebervolumenbestimmung durch Palpation und Perkussion | 10 |
| 2.2 | Die Lebervolumenbestimmung mit Hilfe röntgenologischer Nativaufnahmen | 11 |
| 2.3 | Die Lebervolumenbestimmung mit Hilfe nuklearmedizinischer Untersuchungsmethoden | 12 |
| 3. | Der Ultraschall als medizinische Untersuchungsmethode | 15 |
| 3.1 | Historischer Rückblick | 15 |
| 3.2 | Übersicht über die Anwendungsgebiete der Ultraschalldiagnostik | 16 |
| 3.3 | Die physikalischen und technischen Grundlagen der Ultraschalldiagnostik | 18 |
| 3.4 | Die Schallausbreitung in menschlichen Geweben | 21 |
| 3.5 | Die Lebervolumenbestimmung mit Hilfe sonographischer Untersuchungsmethoden | 24 |

| | | Seite |
|---|---|---|
| 4. | Eigene verwendete Methode der sonographischen Lebervolumenbestimmung | 30 |
| 4.1 | Verwendete Ultraschallgeräte | 30 |
| 4.2 | Die photographische Dokumentation der sonographisch ermittelten Befunde | 30 |
| 4.3 | Eigene Methode der sonographischen Lebervolumenbestimmung an Leichen | 32 |
| 5. | Ergebnisse | 38 |
| 5.1 | Ergebnisse der sonographischen Lebervolumenbestimmung an Leichen mit anschließender autoptischer Kontrolle der Befunde | 38 |
| 5.2 | Die sonographische Lebervolumenbestimmung an lebergesunden Personen | 45 |
| 5.3 | Die sonographische Lebervolumenbestimmung an Patienten mit Leberzirrhose | 49 |
| 5.4 | Lebervolumenbestimmung bei Patienten mit portaler Hypertension vor und nach Shunt-Operation | 54 |
| 5.5 | Lebervolumenbestimmung bei Patienten mit einer Stauungsleber infolge dekompensierter Rechtsherzinsuffizienz und anschließender Rekompensation | 55 |

| | | Seite |
|---|---|---|
| 6. | Diskussion | 60 |
| | Zusammenfassung | 68 |
| | Literaturverzeichnis | 70 |

## 1. DIE BEDEUTUNG DER LEBERVOLUMENBESTIMMUNG

Bei zahlreichen Erkrankungen, die die Leber unmittelbar oder mittelbar betreffen, kann neben anderen krankheitsspezifischen Erscheinungen auch eine Volumenänderung des Organs festgestellt werden (BRÜHL, 1969).

Sowohl diffuse Lebererkrankungen, wie die Hepatitis verschiedener Genese, die Miliartuberkulose, Pneumonie, Brucellose, Salmonellose, Amöbenruhr, Malaria und der Morbus Boeck, als auch umschriebene Erkrankungen, wie Echinokokkus- und Leberegelbefall oder ein Leberabszeß, können eine Hepatomegalie bewirken (GROSS, 1977).

Zahlreiche diffus infiltrierende oder umschrieben wachsende Neoplasmen verändern die Lebergröße. Bei Leukämien, Myelom, Osteomyelosklerose und Retikulosen einerseits, und bei umschriebenen Prozessen, wie primärem Lebercarcinom, Metastasen, Adenomen und Lymphogranulomatose andererseits, muß mit einer Lebervergrößerung gerechnet werden (LOWE, 1972).

Während intra- und extrahepatische Gallengangobliterationen eine Lebervergrößerung durch den gestörten Galleabfluß bewirken, vergrößert sich das Lebervolumen bei der Rechtsherzinsuffizienz, der Trikuspidalklappeninsuffizienz und der konstriktiven Perikarditis durch den behinderten Blutabfluß von der Leber in den kleinen Kreislauf (HUHNSTOCK, 1976).

Deshalb stellt die Größe der Leber, zusätzlich zur Kenntnis anderer klinischer Befunde, ein wichtiges Kriterium in der klinischen Beurteilung des Patienten dar. So beinhaltet jede klinische Untersuchung eine Orientierung über die Lebergröße mittels

Perkussion und Palpation.

Da jedoch diese indirekten Beurteilungskriterien ein recht grobes Maß darstellen, wird, wie in anderen Bereichen der Medizin, nach einem objektiveren Meßverfahren zur Größenbestimmung der Leber gesucht. Dies gilt besonders darum für die Leber, da sie formmäßig schon normalerweise ein sehr variabel ausgeprägtes Organ darstellt.

Ziel dieser Untersuchung ist,

1. festzustellen, welche Möglichkeiten der Lebergrößenbestimmung in der Literatur beschrieben werden.
2. die Treffsicherheit und Genauigkeit eines selbst entwickelten Meßverfahrens anhand einer Korrelation zu autoptisch gemessenen Lebervolumen zu prüfen.
3. die praktische Anwendung dieses Meßverfahrens bei klinischen Patienten zu prüfen.

## 2. VERSCHIEDENE VERFAHREN DER LEBERGRÖSSENBESTIMMUNG

### 2.1 DIE LEBERVOLUMENBESTIMMUNG DURCH PALPATION UND PERKUSSION

Mittels Palpation und Perkussion kann ohne instrumentellen Aufwand in kurzer Zeit von jedem geübten Untersucher eine orientierende Beurteilung der Lebergröße erzielt werden. Der Untersucher legt durch Perkussion in der Medioclavicularlinie die obere und untere Lebergrenze fest. Die Bestimmung der unteren Lebergrenze wird durch die Palpation ergänzt.

Durch diese Methode kann der craniocaudale Durchmesser der Leber grob orientierend festgelegt werden, wenn Behinderungen durch Ascites, rechtsseitige Lungenprozesse, hochgradige Adipositas, Thoraxdeformitäten oder Pneumoperitoneum nicht vorliegen (FIORIOLI, 1953).

NIMEH (1955) verschaffte sich einen Überblick über die Größenverhältnisse der Leber, indem er perkutorisch die Lebervorderfläche im Bereich der Medioclavicularlinie bestimmte. Eine Ausdehnung über 12 - 13 cm auf dieser Linie wertete er als Lebervergrößerung.

CASTELL et al. (1969) erfaßten die cranio-caudale Ausdehnung ebenfalls in der Medioclavicularlinie. Sie setzten die ermittelten Maße in Relation zu Körpergewicht, Körpergröße und Geschlecht.

FIORIOLI (1953, 1959) beschrieb ein Verfahren zur Berechnung des Lebergewichtes am Lebenden unter Zuhilfenahme der Perkussion. Unter der Voraussetzung, daß die Leberdämpfung in

der mittleren Axillarlinie ermittelbar war und der untere Leberrand palpiert und perkutiert werden konnte, gelang dem Autor durch die Zuordnung der rechtslateralen und der frontalen Anteile der Leberoberfläche eine dreidimensionale Projektion. FIORIOLI gibt zwar eine Fehlerstreubreite von nur ± 5% um die wahre Lebergröße an, schränkt die Anwendungsmöglichkeit dieses Verfahrens aber selbst auf "normale Lebergröße, diffuse, gleichmäßige Vergrößerung oder Verkleinerung der Leber" ein.

## 2.2 DIE LEBERVOLUMENBESTIMMUNG MIT HILFE RÖNTGENOLOGISCHER NATIVAUFNAHMEN

RAUTENBERG (1914) und GÖTZE (1918) gelang als ersten die röntgenologische Darstellung der Leber und anderer Bauchorgane. Sie setzten zur besseren Abgrenzung der Leberkonturen noch das Pneumoperitoneum ein.

MOHR (1942, 1945) verwendete Röntgenaufnahmen, um einen Überblick über die Milz- und Lebergröße Malariaerkrankter zu erhalten. Meßgrundlage waren Aufnahmen im dorsoventralen Strahlengang, die mit einem Fokus-Film-Abstand von einem Meter angefertigt waren. Es wurden drei Leberdurchmesser gemessen: a) die cranio-caudale Ausdehnung, b) die latero-mediale Ausdehnung und c) die Ausdehnung von der 12. Rippe lateral bis zum Bereich der Leberpforte.

Der linke Leberlappen wurde bei der Messung nicht berücksichtigt. Die ausgemessenen Strecken wurden standartisiert, und Abweichungen vom Normalbefund in cm angegeben.

LUTZ (1953) entwickelte eine röntgenologische Lebergrößenbestimmung, die neben der posterior-anterioren Projektion auch ein Seitenbild in sinistro-dextraler Projektion zugrundelegte. Aus diesen beiden Projektionen errechnete LUTZ das Lebervolumen. Zwei geometrische Formeln ermöglichten die Berücksichtigung der geschwungenen Konturierung von Leberkuppe, unterem und seitlichem Leberrand.
Das von WALK (1961) beschriebene Lebermeßverfahren beruht ebenfalls auf der Grundlage einer Frontalprojektion und einer sinistro-dextralen Röntgenaufnahme der Leber. Ähnlich wie bei der Berechnung von MOHR (1949) waren 3 Durchmesser, die auf die Röntgenaufnahme eingezeichnet wurden, die geforderten Meßstrecken. Aus den drei Diametern wurde ein Lebergrößenindex ermittelt. Bei diesem Meßverfahren können Fehler ± 16%, in Einzelfällen 27% des Volumens betragen.

## 2.3 DIE LEBERVOLUMENBESTIMMUNG MIT HILFE NUKLEARMEDIZINISCHER UNTERSUCHUNGSMETHODEN

Das Untersuchungsprinzip beruht auf der Speicherfähigkeit von Kupfferschen Sternzellen der Leber für die verabreichten kolloidalen Teilchen, die durch eine radioaktive Indikatorsubstanz markiert wurden ($^{99m}$Technetium, $^{113m}$Indium, $^{198}$Gold-Kolloid).
Die auf diese Weise gebundenen radioaktiven Testsubstanzen können mittels der sogenannten "statischen Szintigraphie" sichtbar gemacht werden, indem über die ventrale, dorsale oder rechts-laterale Seite des Oberbauches ein beweglicher

Detektor geführt wird, der an einen Scanner gekoppelt ist. Es resultiert eine Projektionsabbildung des Organs zur jeweiligen Aufnahmeebene.
Mit Hilfe der "Sequenzszintigraphie" wird eine Funktionsanalyse des Leberparenchyms ermöglicht. Nach einer einmaligen Bolusinjektion der Testsubstanz werden in festgelegten zeitlichen Abständen mit Hilfe einer Szintillationskamera Szintigramme aufgenommen. Das Kamerasystem ist an eine Rechenanlage gekoppelt, die den resultierenden Zeit-Aktivitäts-Verlauf ermittelt (BIERSACK et al.,1977).
WIELAND (1951) stellte erstmals mit radioaktivem Goldkolloid ($^{198}$Au-Kolloid) die Leber szintigraphisch dar. Da Technetium ($^{99m}$Tc-Kolloid) oder Indium ($^{113m}$In-Kolloid) wesentlich geringere Halbwertzeiten von 6 bzw. 1,5 Std. besitzen, ersetzten diese Radionuclide im Laufe der Zeit das Goldkolloid. Die Strahlenbelastung ist für den Patienten gering.

1968 nutzte ROLLO die Szintigraphie, um das Lebervolumen zu bestimmen. Zur Markierung wurden $^{198}$Au-Kolloid und $^{99m}$Tc-Kolloid verwendet. Je ein frontalszintigramm und ein rechtslaterales Szintigramm der Leber wurden der anschließenden Berechnung zugrundegelegt.
An 21 autoptisch kontrollierten Befunden wurde überprüft, ob die in-vivo-Berechnungen mit den postmortalen Befunden korrelieren. Die durchschnittliche Differenz zwischen den an Lebenden ermittelten Volumina und den Autopsievolumina gibt der Autor als Mittelwert $\pm$ 3,6% an, was nichts aussagt, da die Fehler nivelliert werden.

FUJII (1976) bestimmte Lebervolumina szintigraphisch, indem er jeweils drei Szintigramme anfertigte: a) die frontale, b) die rechte schräge vordere Projektion und c) die rechte schräge hintere Projektion der Leber. Da diese drei Projektionen neben allen parietalen Anteilen der Leber auch jeweils die Ausdehnung des Organs nach dorsal ermittelten, war auch eine räumliche Konstruktion der Leber möglich. An 13 Leichenbefunden wurde das Verfahren überprüft. Die Fehlerbreite lag zwischen -11,9 und + 14,7%.

BIERSACK et al. (1977) ermittelten mit Hilfe von Szintigrammen Lage, Form und Größe von Lebern. Arbeitsgrundlage war die frontale Projektion der Leber. Es wurde also keine Volumenbestimmung, sondern eine Vermessung der Lebervorderfläche vorgenommen. Das so bestimmte Leberareal wurde mit dem Körpergewicht der Probanden korreliert. Ein dimensionsloser Leberflächenindex zwischen 1,8 und 3,5 vermittelte einen Eindruck von dem Volumenzustand der Leber.

# 3. DER ULTRASCHALL ALS MEDIZINISCHE UNTERSUCHUNGSMETHODE

## 3.1 HISTORISCHER RÜCKBLICK

Die Verwendung des Ultraschall in der medizinischen Diagnostik geht auf die Entdeckung des piezoelektrischen Effektes durch die Brüder CURIE im Jahre 1880/81 zurück.
Aber erst 1917 gelang es LANGEVIN, Ultraschall in technisch brauchbarer Form zu erzeugen.
Während der ersten Jahrzehnte des zwanzigsten Jahrhunderts wurde dieses Verfahren in erster Linie für maritime und industrielle Zwecke genutzt. 1942 versuchte DUSSIK, den Ultraschall zur Darstellung intrakranieller Strukturen zu verwenden.
LUDWIG und STRUTHERS (1949) setzten den Ultraschall zur Darstellung von Gallensteinen und Fremdkörpern in Geweben ein.
1952 veröffentlichten HOWRY und BLISS erste zweidimensionale Querschnittbilder der Leber, die sie durch Lagerung des Patienten in einem Wasserbad herstellten.
McVICAR, BROWN und [illegible] (1958) entwickelten eine Methode der direkten Schallkopfankopplung an die Haut, die auch heute noch verwendet wird (Kontakt-Compound-Verfahren).
KRAUSE und SOLDNER (1967) entwickelten das erste Ultraschallgerät mit "real-time"-Darstellung, das es gestattet, Bewegungsvorgänge zu beurteilen und die Stärke der Reflektionen in Abstufungen wiederzugeben (gray-scale-Verfahren).

## 3.2 ÜBERSICHT ÜBER DIE ANWENDUNGSGEBIETE DER ULTRASCHALL-DIAGNOSTIK

Während der letzten 15 Jahre wurden nahezu alle Organe und Abschnitte des menschlichen Körpers sonographisch untersucht. Die Ultraschalldiagnostik wurde als Untersuchungsverfahren in fast alle medizinischen Fachrichtungen integriert. Durch die ständige Verbesserung der Geräte wurden die diagnostischen Möglichkeiten erweitert und die Untersuchungsergebnisse verbessert.

In der Augenheilkunde kann durch Ultraschall die Diagnose intraokulärer Veränderungen, wie Netzhautablösungen, Tumoren oder Fremdkörper, gestellt werden (TRIER, 1974). Die Bestimmung der Achsenlänge des Auges und seiner Teilabschnitte ist mit einer Präzision von $\pm$ o,15 mm möglich (GERNET, 1975).

Im kardiologischen und angiologischen Bereich ist es durch den Einsatz von Zeitpositionsverfahren (time-motion-Bild) möglich, dynamische Prozesse zu erkennen, wie Herzklappenbewegungen, Strömungsrichtungen und Herzwandkontraktionen u.ä. (GRAMIAK et al.,1969).

In der Neurologie und Neurochirurgie wird der Ultraschall zur Seitenlokalisation raumfordernder intrakranieller Prozesse verwendet. Die Hirnkammerweite kann bestimmt und mit Normalbefunden verglichen werden (WHITE, 1971).

In Gynäkologie und Geburtshilfe hat die Ultraschalldiagnostik als Untersuchungsverfahren ohne Strahlenbelastung oder eine sonstige bekannte Gefährdung (BAKER et al.,1978) ihren festen Stellenwert bei der Bestimmung von Lage und Größe

des Feten oder der Plazentalokalisation eingenommen (REINHOLD, 1976).

PÄTZOLD et al.(1977) kontrollierten mit Hilfe von Ultraschalldämpfmessungen erfolgreich die Frakturheilung und stellten auf diese Weise die Belastbarkeit der Bruchstellen fest.

Auch bei der rationellen Diagnostik von Abdominalerkrankungen hat die Sonographie neben Röntgenologie, Nuklearmedizin und Endoskopie einen festen Platz erhalten (OTTO, 1973).

Die Diagnose und Organzugehörigkeit von Tumoren und Cysten sowie ihre Größenbestimmung kann im Abdomen und Retroperitoneum sonographisch geklärt werden. Bei intra- und extrahepatischen Verschlußsyndromen ist die Lokalisation des Verschlusses möglich (KAZNER u. KRESSE, 1973).

Noch sind die Möglichkeiten der diagnostischen Anwendung im Leberbereich nicht endgültig und definitiv erforscht und deshalb Grundlage intensiver Untersuchungen. Während etwa RETTENMAIER (1975) die sonographische Kontrolle feingeweblicher Veränderungen der Leber für ein wichtiges differentialdiagnostisches Hilfsmittel hält, mißt [illegible]STERHOFF (1977) dem Ultraschall bei der Abklärung diffuser Lebererkrankungen nur geringe Bedeutung bei.

Der Ultraschall kann zur Abgrenzung der Abdominalorgane gegeneinander, zur Differenzierung normaler oder pathologisch veränderter Gewebe, zur Beurteilung von Funktionsabläufen etc. verwendet werden. Von besonderem Interesse ist jedoch auch die Möglichkeit, aufgrund der im Gewebe gemessenen Schall-

laufzeit biometrische Untersuchungen durchzuführen. Die Domäne biometrischer Ultraschallvermessungen liegt in der Neurologie, Gynäkologie und Ophthalmologie.
Jedoch wurden in letzter Zeit auch sonographische Meßverfahren an Oberbauchorganen, insbesondere an der Leber von verschiedenen Untersuchern mitgeteilt (BUCHENAU et.al.,1973; RASMUSSEN, 1972,1977).

## 3.3 DIE PHYSIKALISCHEN UND TECHNISCHEN GRUNDLAGEN DER ULTRASCHALLDIAGNOSTIK

Das physikalische Prinzip der Ultraschalldiagnostik beruht darauf, daß sich die Ultraschallwellen im menschlichen Körper als longitudinale Wellen gradlinig fortpflanzen und entsprechend den vom Licht her bekannten Gesetzen reflektiert, transmittiert, gebeugt und gestreut werden, wenn sie auf Grenzflächen stoßen. Als akustische Grenzfläche wird die Grenze zwischen zwei Medien unterschiedlichen Schallwiderstandes bezeichnet.
Der Schallwiderstand (akustische Impedanz) ist als Produkt aus Schallgeschwindigkeit innerhalb des Mediums und dessen Dichte definiert.
Die Erzeugung von Ultraschall geht auf die Entdeckung des piezoelektrischen Effekts (CURIE u. CURIE, 1881), bzw. des reziproken piezoelektrischen Effekts (LANGEVIN, 1917) zurück. Dabei wird an eine geeignet geformte Kristallplatte eine Wechselspannung, deren Frequenz mit der mechanischen Eigenfrequenz der Kristallplatte übereinstimmt, angeschlos-

sen. Auf diese Weise ist es möglich, die Platte zu starken Ultraschallschwingungen mit einer Frequenz bis zu etwa 3.000 MHz anzuregen. Der so als Ultraschallsender funktionierende Wandler wird im Wechselrhythmus auch als Empfänger benutzt. Zu diesem Zweck werden die Ultraschallstrahlen nur intermittierend mit einer Impulsdauer von 1-2 µsec ausgesandt und zwischenzeitlich für 999 bzw. 998 µsec ihre Reflexe registriert. Dabei führen die reflektierten Echos zu Kompressionen des Kristalls, die als Spannungsänderung registriert, verstärkt und auf einer Kathodenstrahlröhre sichtbar gemacht werden. Dieses Prinzip wird als Impuls-Echo-Verfahren bezeichnet.

Das A-Bild-Verfahren stellt die Registrierung der Amplitudenhöhe der reflektierten Schallenergie über der Schalllaufzeit in der Schallstrahlrichtung dar.

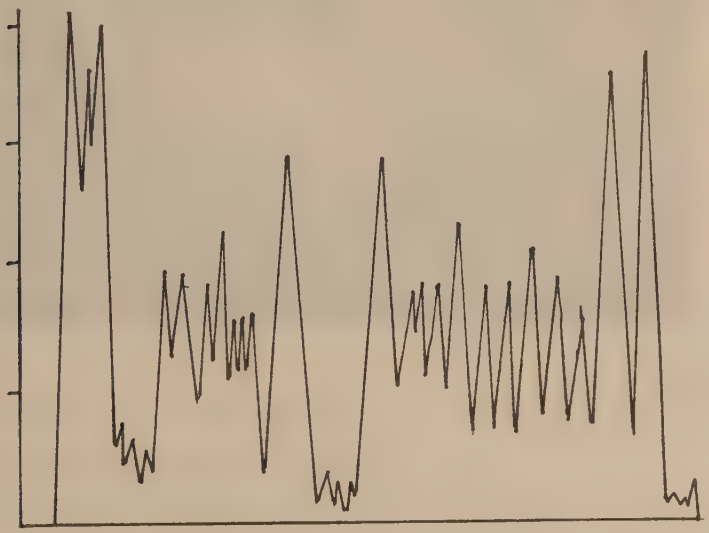


Abb.1 A-Bild

Der Abstand der Amplitudenzacken vom Sender entspricht der Zeit zwischen Impulsaussendung und Rückkehr des Echos. Die Höhe der Amplitude stellt ein Maß für die reflektierte Schallenergie und damit ein Maß für die Impedanzunterschiede der benachbarten Medien dar. Je höher die Amplitude ist, desto größer ist der reflektierte Energieanteil.

Beim B-Bild-Verfahren werden die Schallreflektionen nicht in Form unterschiedlich hoher Amplituden abgebildet, sondern die Darstellung erfolgt helligkeitsmoduliert entsprechend der Amplitudenhöhe.

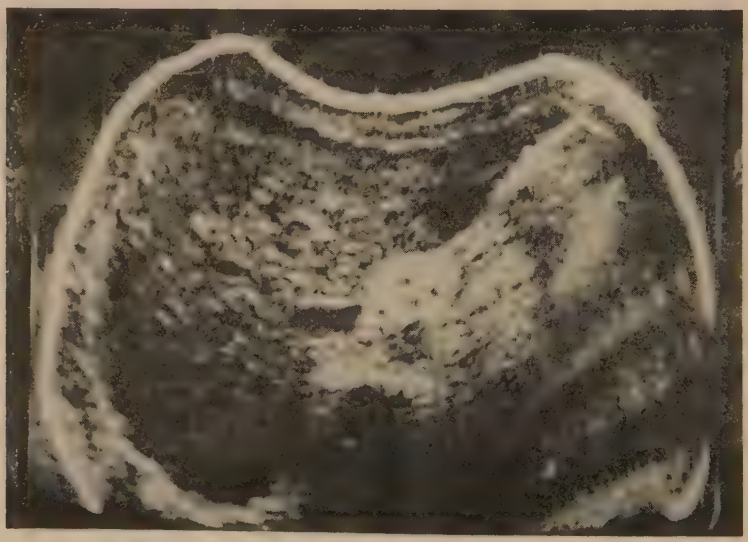


Abb.2 B-Bild

Das Compound-Verfahren ermöglicht zweidimensionale helligkeitsmodulierte Abbildungen, die durch die Bewegung eines einzelnen Schallkopfes und der Lotung reflektierender Strukturen aus verschiedenen Einfallswinkeln aufgebaut werden. Die reflektierten Echos werden positionsgerecht auf einem Leuchtschirm abgebildet. Ein bestimmter Bereich des zu untersuchenden Körpers kann dadurch mehrmals mit dem Schallkopf abgetastet werden, wodurch sich eine Summation und Superposition der Reflektionen und damit klarere Organkonturen ergeben.
Für die sonographische Volumenbestimmung von Lebern werden zweidimensionale Abbildungen (B-Bilder) benötigt, die die Leberoberfläche, jede gewünschte Schnittfläche durch das Organ, die Bauchdecke sowie die angrenzenden Organe einschließlich der Wirbelsäule klar darstellen. Außerdem gehört zu jeder Lebervolumenbestimmung auch eine Beurteilung des Leberparenchyms, der Lebergefäße sowie der angrenzenden Oberbauchstrukturen.

## 3.4 DIE SCHALLAUSBREITUNG IN MENSCHLICHEN GEWEBEN

Die Bestimmung der Schall-Leitfähigkeit des Gewebes ist Voraussetzung für die Berechnung des Abstandes zwischen Schallkopf und reflektierenden Grenzflächen. Durch die Kenntnis dieser gewebespezifischen Eigenschaft ist die Entfernung von einer reflektierenden Grenzfläche zur nächsten und damit die präzise Abmessung von Organstrukturen erfaßbar (RASMUSSEN, 1977).
Ein direktes Maß für die Schall-Leitfähigkeit ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls in einem Medium. Experimentelle

Untersuchungen haben nachgewiesen, daß die Schallgeschwindigkeit vom spezifischen Gewicht, von der Kompressibilität und der Temperatur abhängig ist (FRUCHT, 1953).

Messungen von LUDWIG (1950) und FRUCHT (1952) haben ergeben, daß die Schallgeschwindigkeit im menschlichen Gewebe zwischen 1445 m/s und 1610 m/s beträgt. Sie liegt im Organgewebe mit Werten zwischen 1530 m/s und 1600 m/s stets über der von Wasser (1497 m/s) und im Fettgewebe mit Werten zwischen 1445 m/s und 1485 m/s stets darunter. Gewebespezifische Unterschiede der Schallgeschwindigkeit lassen sich einerseits mit der positiven Korrelation zwischen Fortpflanzungsgeschwindigkeit, Dichte und Elastizitätsmodul, andererseits mit der negativen Korrelation zwischen Fortpflanzungsgeschwindigkeit und steigender Temperatur erklären (BERGMANN, 1949). Für Lebergewebe ermittelte FRUCHT (1953) an autoptischen Befunden eine mittlere Schallgeschwindigkeit von 1569 ± 4 m/s. Die von LUDWIG (1955) an Tierlebern vorgenommenen Untersuchungen ergaben annähernd den gleichen Wert mit 1553 m/s.

FRUCHT (1951, 1953) ermittelte experimentell, daß tierische Gewebe einen niedrigen Formelastizitätsmodul und einen hohen Volumenelastizitätsmodul besitzen. Insgesamt verhielten sich damit die untersuchten Gewebe wie zähe Flüssigkeiten. Besonders der Blutgehalt der Organe war für die gemessene Schallgeschwindigkeit von Bedeutung. Ein hoher Blutgehalt verminderte, und ein geringer Blutgehalt erhöhte dabei die Schallgeschwindigkeit.

Da menschliche Gewebe und zähe Flüssigkeiten einer bestimmten Viskosität in der Schall-Leitfähigkeit übereinstimmen (FRUCHT, 1953), sind Versuchsanordnungen zur Überprüfung verschiedener

physikalischer Parameter standartisierbar.

BERGMANN (1949) bestimmte die Temperaturabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit in Alkohol-Wasser-Gemischen. Dabei zeigte "die Kurve für 15,62% eine für viele praktische Zwecke bereits genügende Konstanz der Schallgeschwindigkeit innerhalb des in Frage kommenden Temperaturbereichs von $5^{\circ}$-$45^{\circ}$C."

Da 15,62%igen Äthanol-Wasser-Gemischen annähernd eine Schallgeschwindigkeit von 1600 m/s entspricht, ist dieser Versuch auch für Ultraschalluntersuchungen menschlicher und tierischer Gewebe aussagekräftig.

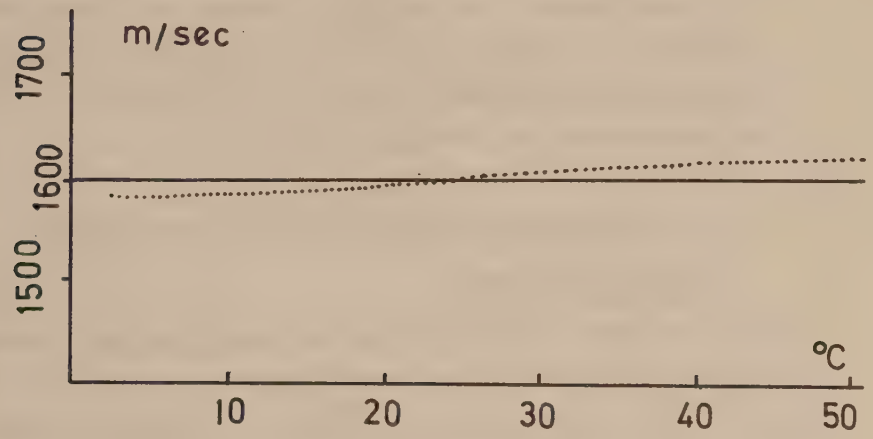



Abb. 3 Temperaturabhängige Änderung der Schallgeschwindigkeit in einem 15,62 prozentigen Äthanol-Wasser-Gemisch.

Den Einfluß der Temperatur auf die Schallgeschwindigkeit im menschlichen Körper hält FRUCHT (1953) innerhalb der Spanne von 24°C bis 37°C für vernachlässigbar. Er gibt eine Abweichung von maximal ± 2,5% an. Eine noch geringere Abweichung der Schallgeschwindigkeit bei veränderter Temperatur ist dann zu verzeichnen, wenn das durchschallte Gewebe aus Fett-, Muskel- und Organgeweben besteht, da die Temperaturkoeffizienten dieser Organgewebe entgegengesetzt sind.
Für Lebergewebe ermittelte RASMUSSEN (1977) an autoptisch untersuchten Lebern ein durchschnittliches spezifisches Gewicht von 1,0537 g/ml. Variationen wurden nach Angaben des Autors durch Blutgehalt, Fettgehalt oder Infiltrationen von leberunspezifischen Strukturen bestimmt. YAGAN (1962) gibt das mittlere spezifische Gewicht von Lebergewebe mit 1,040 g/ml an.

## 3.5 DIE LEBERVOLUMENBESTIMMUNG MIT HILFE SONOGRAPHISCHER UNTERSUCHUNGSMETHODEN

Die genaue Erfassung von Organgrenzflächen durch die sonographische B-Bildtechnik, und damit eine Volumenbestimmung, ist bei Organen wie Niere, Milz, Harnblase oder der Gallenblase einfach durchzuführen, weil hier Gebilde mit einer verhältnismäßig einfachen geometrischen Struktur vorliegen.
Ein Beispiel hierfür ist die Bestimmung des Harnblasenvolumens, wie sie HOLM (1975) vorschlug. Die der Berechnung zugrundeliegende geometrische Figur wird aus zwei Bildern konstruiert. Ein

Bild stellt das Organ in einem Transversalschnittbild dar, das genau an der Stelle größter Organbreite und -tiefe angelegt wird. Ein zweites Bild zeichnet in gleicher Weise den größten craniocaudalen Querschnitt des Organs auf.
So erlauben die ermittelte Höhe (h), Tiefe (t) und Breite (b) eines annähernd kugelförmigen Gebildes mit Hilfe zweier Korrekturfaktoren eine Volumenberechnung.

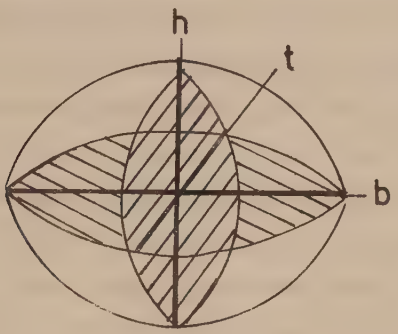



Abb.4 Schematische Schnittbilddarstellung zur Volumenbestimmung der Harnblase.

Die Berechnung des Lebervolumens kann nicht auf ähnlich einfache Weise erzielt werden, weil die Leber einen wesentlich komplizierteren geometrischen Körper als die genannten Organe darstellt.
Grobanatomisch lassen sich an der Leber zwei ungleich große Hauptlappen, ein größerer rechter und ein kleinerer linker, unterscheiden. An der Leberoberfläche ist die konvexe Facies

diaphragmatica, die der vorderen, oberen und hinteren Fläche, die dem Zwerchfell anliegt entspricht, und die untere, konkave Facies visceralis, die auf den benachbarten Baucheingeweiden ruht, zu unterscheiden. Die Facies visceralis erhält von benachbarten Organen und Darmabschnitten Impressionen, die die Leberoberfläche unregelmäßig geformt erscheinen lassen (BENNINGHOFF, 1968).

Zahlreiche Studien (McAFEE et al.,1965; McNULTY, 1977) belegen, daß darüberhinaus mit einer enormen Formenvielfalt und Formenvariationen auch nichtpathologischer Lebern gerechnet werden muß. Die individuelle Vielfalt der Leberkonfigurationen im dorsalen Bereich der Leber fällt besonders auf. Gerade dieser Anteil der Leber ist aber durch Palpation, Perkussion und andere Untersuchungsmethoden nicht oder nur unbefriedigend gut darstellbar. Abbildung 5 zeigt die Konturen gesunder Lebern in der Frontalprojektion, die sich durch erhebliche Formvariationen unterscheiden (McAFEE,1965).

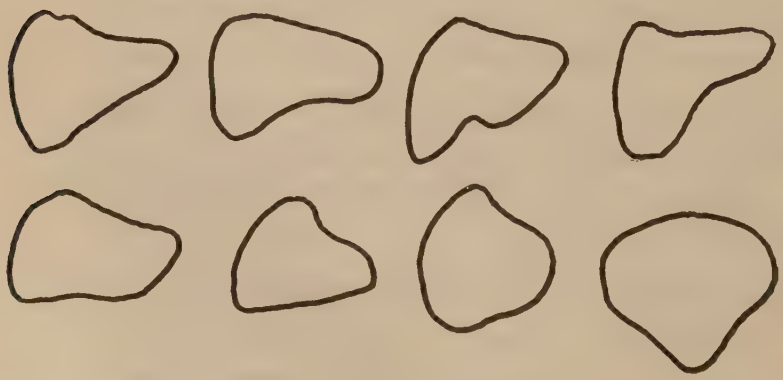


Abb.5 Normvarianten der Leberkonfiguration (nach McAFEE et al.)

Über sonographische Meßverfahren zur Lebervolumenbestimmung wurde von verschiedenen Autoren berichtet (HOLMES et al.,1964; KARDEL et al.,1971; BUCHENAU und LIEHR, 1973; RASMUSSEN, 1972 und 1977). Allen Verfahren ist die Verwendung von photographisch dokumentierten B-Bildaufnahmen zur Rekonstruktion der Leber in ihrer gesamten räumlichen Ausdehnung gemeinsam. Unterschiede ergeben sich bei der Wahl der mittels Ultraschall dokumentierten Schnittebenen durch die Leber. HOLMES et al. (1964) und KARDEL et al. (1971) verwendeten parallele Ultraschalltomogramme im Abstand von 1 cm voneinander. Da der kraniale Leberanteil durch die Überlagerung der Lunge nicht in entsprechender Weise darstellbar war, wurde die Höhe des nicht erfaßbaren Leberanteils mittels eines longitudinalen B-Schnittbildes in der Medioclavikularlinie bestimmt. Mit der Hilfe eines Planimeters konnte die Fläche eines jeden Tomogramms ermittelt und durch Bildabstände von 1 cm die räumliche Dimension des Schnittes festgelegt werden.

CARR et al. (1976) wählten dagegen eine Serie von Longitudinalschnitten im Abstand von 1 cm. Ein Transversaltomogramm bestimmte die größte horizontale Ausdehnung der Leber. Der ebenfalls nicht erfaßbare kraniale Leberanteil wurde bei dieser Schnittbildführung als Paraboloid in der Berechnung berücksichtigt.

HOLMES et al. (1976) beschrieben eine Methode, die mit besonders geringem zeitlichen Aufwand eine Beurteilung der Lebergröße erlaubt. Ein Transversalschnittbild im Bereich der größten horizontalen Leberausdehnung wird dokumentiert. Da das Bild sowohl die Ausdehnung der Leber als auch den Umfang des Abdomens in

dieser Höhe zeigt, können beide Flächen planimetrisch vermessen und in Relation zueinander gesetzt werden.

RASMUSSEN (1972,1977) zerlegte die Leber durch Longitudinalschnitte, die um eine Achse innerhalb der Wirbelsäule um 10° gedreht wurden, in keilförmige Segmente. Der Vorteil dieser Schnittführung liegt in der exakten Darstellung der Leberkonturen in allen Leberbereichen.

Zusammenfassend sind in Tabelle 1 die Meßergebnisse von Lebervolumenbestimmungen verschiedener Autoren im Vergleich zu autoptisch gesicherten Befunden aufgeführt.

Tabelle 1: Treffsicherheit verschiedener Methoden der Lebervolumenbestimmung bei Vergleich mit autoptisch bestimmten Lebervolumina

| Autor | Methode | Treffsicherheit im Vergleich zu postmortalen Untersuchungen | Grenze des 95% Vertrauensbereichs | Zahl der Patienten |
|---|---|---|---|---|
| FIORIOLI (196o) | Perkussion | 53 Fälle innerhalb 1o% 8 Fälle zwischen 1o und 2o% | | 61 |
| WALK (1961) | Röntgen | die meisten Fälle innerhalb ± 2o% einige jedoch bis 27% | | 8o |
| RIEMENSCHNEIDER und WHALEN (1965) | Röntgen | durchschnittliche Differenz + 16g | -185 bis + 217 g | 46 |
| YAGAN et al. (1962) | Isotopen | durchschnittliche Differenz - 17g | - 51 bis + 85 g | 48 |
| ROLLO und DE LAND (1968) | Isotopen | durchschnittliche Differenz -8g | - 59 bis + 43 g | 15 |
| BUCHENAU und LIEHR ( 1973) | Ultraschall | durchschnittliche Differenz - 34 ml | -182 bis + 114 ml | 1o |
| RASMUSSEN (1972) | Ultraschall | durchschnittliche Differenz + 69 ml | - 51 bis +189 ml | 1o |
| RASMUSSEN (1977) | Ultraschall | durchschnittliche Differenz - 34 ml | -1o1 bis + 33 ml | 4o |

## 4. EIGENE VERWENDETE METHODE DER SONOGRAPHISCHEN LEBERVOLUMENBESTIMMUNG

### 4.1 VERWENDETE ULTRASCHALLGERÄTE

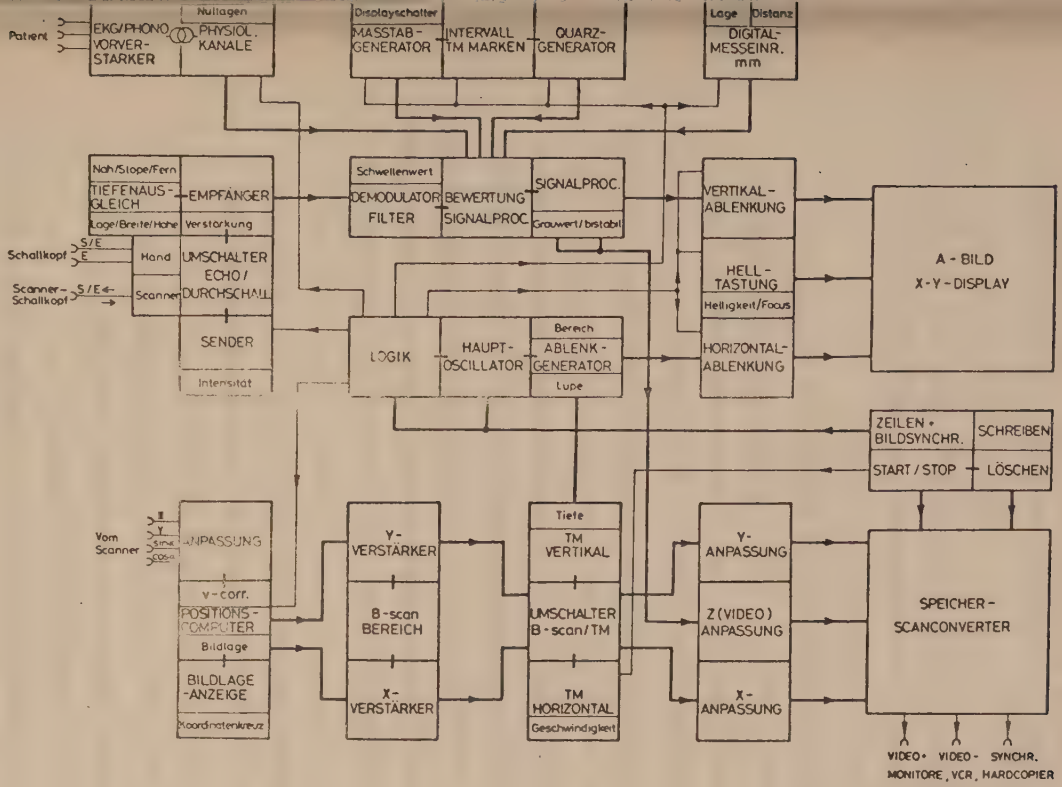
Die sonographischen Volumenbestimmungen von Lebern wurden von Mai 1977 bis Dezember 1977 mit dem Gerät COMBISON II (Kretz-Technik, Zipf, Österreich) durchgeführt. Es handelt sich bei diesem Kontakt-Compound-Gerät um eine Anlage mit Scan-Konverterausrüstung und Grauwert-Wiedergabe. Es wurden Schallköpfe verwendet, deren Frequenz 2,25 MHz betrug. Eine simultane A-Bild- und B-Bilddarstellung sowie TM-Bildbenutzung ist möglich.

Seit Dezember 1977 steht das Gerät COMBISON 2oo (Kretz-Technik, Zipf, Österreich) zur Verfügung. Im Gegensatz zum COMBISON II weist das Gerät einen verbesserten Scan-Konverter und eine größere Grauwert-Wiedergabe-Dynamik von 32 Stufen auf.

Die Abbildung 6 zeigt das Blockschaltbild des Gerätes COMBISON 2oo.

### 4.2 DIE PHOTOGRAPHISCHE DOKUMENTATION DER SONOGRAPHISCH ERMITTELTEN BEFUNDE

Die sonographisch erhobenen Befunde wurden durch sich selbst entwickelnde Filme (Polaroid-System, Modell 4o5) dokumentiert. Die dabei verwendeten Schwarz-Weiß-Positiv-Filme der Typen 667 (Empfindlichkeit 36 DIN bzw 28 DIN) ergaben Schwarz-Weiß-Positivaufnahmen, die den Anforderungen an Belichtung und Kontrastqualität hinreichend gut entsprachen.




COMBISON 200 Blockschaltbild Kretz TECHNIK

## 4.3 EIGENE METHODE DER SONOGRAPHISCHEN LEBERVOLUMENBESTIMMUNG AN LEICHEN

Zur dreidimensionalen Vermessung der Leber sind 1. ein Transversalschnitt und 2. mehrere Longitudinalschnitte durch die Leber erforderlich.

Das Transversalschnittbild der Leber wird bei tiefer Inspiration des zu untersuchenden Patienten unmittelbar unter der Lungengrenze angelegt. Die so ermittelte Schnittebene wird auf der Haut des Patienten markiert. Im rechten Winkel zu der ersten Schnittebene wird in der exakten Medianebene des Körpers der erste Longitudinalschnitt mit der Gradeinteilung $0^{\circ}$ gelegt. Weitere jeweils um $10^{\circ}$ abgewinkelte Longitudinalschnitte nach rechts lateral folgen bis zur $90^{\circ}$-Schnittebene. Der Anteil des linken Leberlappens, der links der Mittellinie liegt, wird durch die entsprechenden Longitudinalschnitte mit der Gradeinteilung $-10^{\circ}$, $-20^{\circ}$ usw. erfaßt.

Die Longitudinalschnitte, die jeweils um $10^{\circ}$ abgewinkelt erstellt werden, treffen sich in der Rotationsachse, die 7,0 cm von der Unterlage entfernt durch die Körper der Brustwirbelsäule und Lendenwirbelsäule verläuft.

Die Abbildungen 7 und 8 auf Seite 35 und 36 zeigen die Anordnung der beschriebenen Schnittbilder.

Das Gesamtlebervolumen berechnet sich aus der Summe mehrerer prismenförmiger Teilvolumina, deren Grenze zwischen $+ 5^{\circ}$ und $- 5^{\circ}$ der photographisch dokumentierten Longitudinalschnitte liegen. Das Volumen eines jeden solchen prismenförmigen

Lebersegments errechnet sich wieder aus einer Anzahl von Teilvolumina, die Segmente einer Zylinderschale darstellen. Das Volumen eines solchen Zylinderschalensegmentes errechnet sich aus der Formel

$$V_{Segment} = \frac{10}{360} \times a \times \pi \times (R^2 - r^2)$$

wobei R den Abstand von der Rotationsachse zur Leberoberfläche und r den Abstand von der Rotationsachse zur Leberunterfläche angibt.

Um eine rasche aber dennoch präzise Bestimmung der Lebervolumina zu gewährleisten, wurde das Verfahren rechnerisch dahingehend vereinfacht, daß für den Faktor a (der in der Formel den Abstand der Zylinderschalen in cm angibt) der Wert 1,15 gewählt wurde, da dann das Produkt vor der Klammer den Wert 0,1 annimmt. Zur Volumenberechnung der Leber muß dann etwa 15o - 18o mal die Differenz $R^2 - r^2$ ermittelt, mit dem Faktor 0,1 multipliziert und zur Gesamtsumme addiert werden.

Eine weitere Verfahrensvereinfachung wird erreicht, indem die um $10^o$ abgewinkelten Longitudinalschnitte auf im Abstand von 1,15 cm liniertem Papier maßstabgetreu eingezeichnet werden. Diese Vereinfachung bewirkt eine weitere zeitliche Verkürzung des Rechenvorganges.

Die Abbildung 9 zeigt die maßstabgetreue Darstellung des Lebersegments $0^o$ eines lebergesunden Patienten. Bei Anwen-

dung des beschriebenen Auswertungsverfahrens sind 10 bis 12 Zylinderschalensegmente zu berechnen.

Um die diagnostischen Möglichkeiten dieser Untersuchungsmethode voll auszuschöpfen, ist die Kenntnis der Meßgenauigkeit bei der Volumenbestimmung von großer Wichtigkeit.

So würde die Volumenbestimmung eines Organs bei einem Meßfehler von 1o oder 2o% nur einen allgemeinen Eindruck der Organgröße zulassen. Weichen die erarbeiteten Meßdaten dagegen nur wenige Prozent vom wahren Wert ab, so ist das Meßverfahren wesentlich aussagekräftiger und kann bei der Kontrolle eines Therapieverlaufs eingesetzt werden.

Die Meßfehlergröße kann einerseits durch Mehrfachmessungen an einem Probanden durch einen oder mehrere Untersucher bestimmt werden. Andererseits können die Volumenbestimmungen an Leichen vorgenommen und mit dem Sektionsbefund verglichen werden. Die mehrmalige Lebervolumenbestimmung an einem Probanden hat den Vorteil, daß die Voraussetzungen der Kontrollmessung völlig mit einer normalen Routinemessung übereinstimmen. Die Differenz zwischen zwei nacheinander ermittelten Werten würde als Meßfehler gelten. Nachteilig wirken sich hier intra- und interindividuelle Meßfehler durch die mögliche Fehlinterpretation der Polaroidphotos aus. Der "wahre" Meßwert kann nur als Mittelwert einer nicht objektiven Meßreihe erfaßt werden.

Die Lebervolumenbestimmung an Leichen mittels Ultraschall ermöglicht dagegen bei anschließender Sektion die Feststellung des wirklichen Lebervolumens.

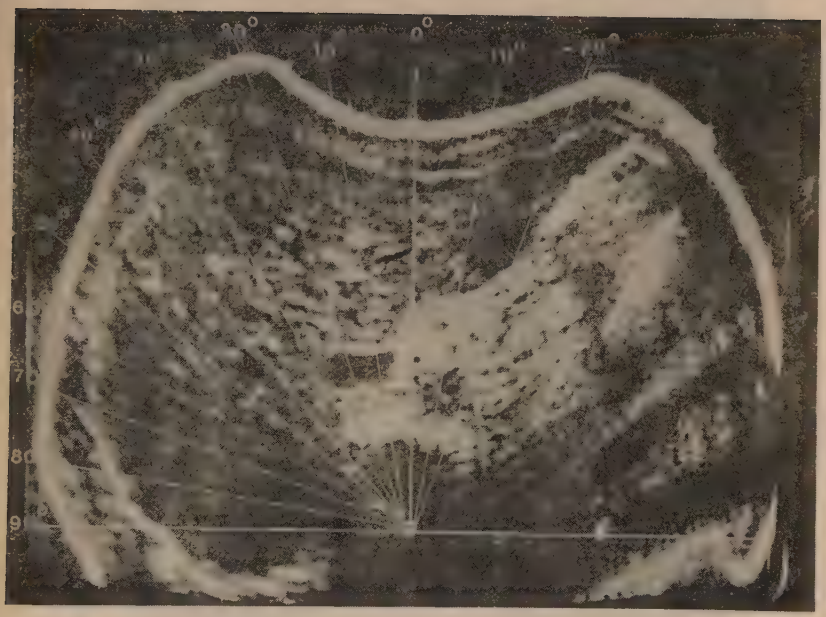


Abb. 7
Transversalschnittbild der Leber unmittelbar unter der Lungengrenze mit den eingezeichneten Longitudinalschnittebenen.

Abb. 8

Serie von Longitudinalschnittbildern zur Bestimmung des Lebervolumens.

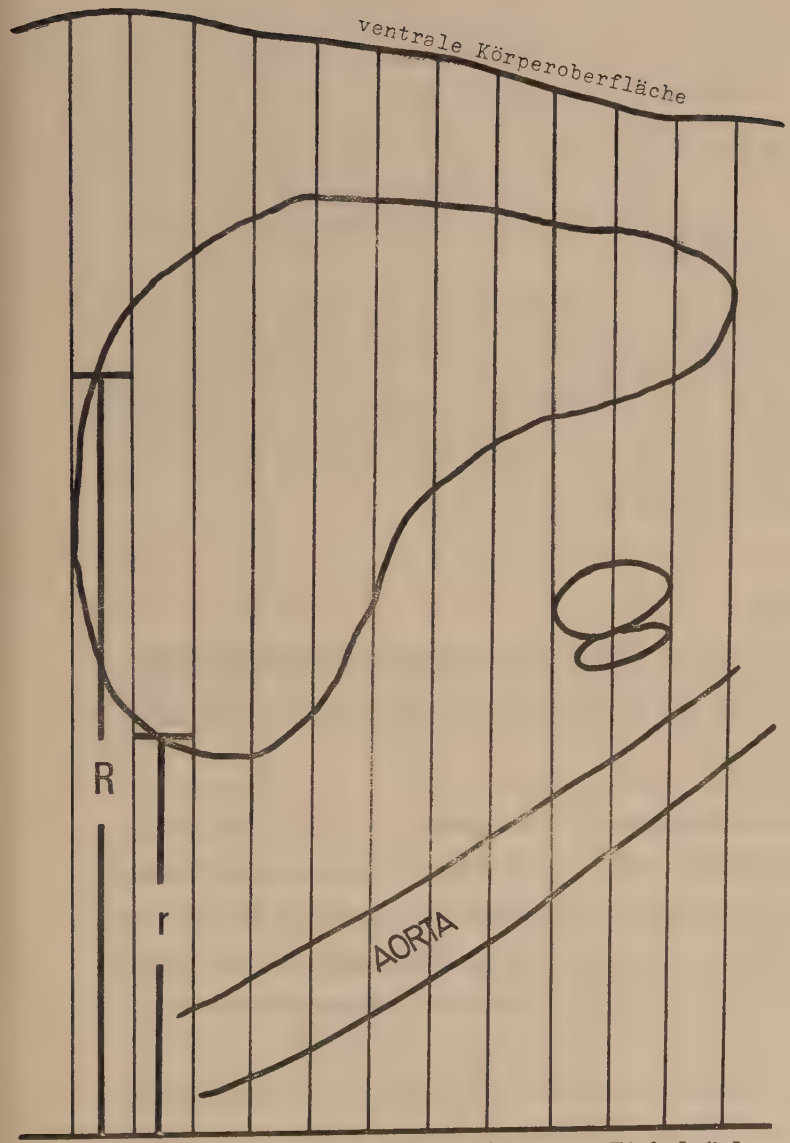



Abb.9 Longitudinalschnitt $0^{o}$, Patient Nr. oo14

Da die Schallausbreitungs- und Schallreflexionsmeßwerte keine nennenswerten Unterschiede zwischen Geweben Lebender und Toter erkennen lassen (FRUCHT,1953), erweist sich die Messung an Leichen mit anschließender Sektionskontrolle als eine Methode, die nicht an die Organfunktion gebunden und somit reproduzierbar ist und keine Fehler beinhaltet (RASMUSSEN, 1972).
Deshalb wurden in Zusammenarbeit mit dem Pathologischen Institut der Universität Bonn an Leichen Lebervolumenbestimmungen durch Ultraschall mit anschließender Überprüfung des Lebervolumens am entnommenen Organ mittels Wasserverdrängungsmethode durchgeführt.

## 5. ERGEBNISSE

### 5.1 ERGEBNISSE DER SONOGRAPHISCHEN LEBERVOLUMENBESTIMMUNG AN LEICHEN MIT ANSCHLIESSENDER AUTOPTISCHER KONTROLLE DER BEFUNDE

Die Präzisionsbestimmung der angegebenen sonographischen Volumenmeßmethode wurde an 26 Leichen vorgenommen. Vor der Sektion der Leichen im Pathologischen Institut der Universitätskliniken Bonn wurde das der Volumenbestimmung zugrundeliegende Bildmaterial in der beschriebenen Weise erstellt.

Im Rahmen der Sektion wurde die Leber nach sorgfältiger Ligatur der zu- und abführenden Gefäße sowie der Gallengänge vorsichtig freipräpariert und entnommen, um ein Ausbluten

und Kollabieren des Organs zu vermeiden. Durch anschließendes Eintauchen der Leber in ein mit Wasser gefülltes Überlaufgefäß konnte das wahre Volumen festgestellt werden.
Neben der Bestimmung des Lebervolumens erfolgte die Dokumentation des Geschlechts, Alters, der Körpergröße, des Körpergewichts, sowie der Körpertemperatur der Leiche.
Aus den festgestellten Daten wurde nach der Formel von DU BOIS und DU BOIS (1916) die Körperoberfläche berechnet.
Die im Pathologischen Institut der Universität Bonn durchgeführte histologische Untersuchung der Leichenlebern (DR. GROULS) ergab folgende Befunde: Bei 7 Patienten wurden Lebermetastasen gefunden, 14 Patienten zeigten die Veränderung einer akuten Blutstauungsleber, teilweise mit den Anzeichen einer zusätzlichen Leberverfettung unterschiedlichen Ausmaßes. 4 Patienten wiesen ausschließlich die Anzeichen einer Leberverfettung auf. Bei einem Patienten konnte eine mikronoduläre Leberzirrhose mit einer diffusen Verfettung als Befund gesichert werden.
Die bei sonographischer Lebervolumenbestimmung an Leichen mit anschließender autoptischer Kontrolle ermittelten Daten sind in Tabelle 2 aufgeführt.
Die Untersuchung wurde an 13 weiblichen und 13 männlichen Leichen vorgenommen. Die Altersverteilung betrug 19 bis 79 Jahre. Das Körpergewicht betrug zwischen 44 und 94 kg. Die Körpergröße betrug zwischen 1,52 m bis 1,85 m.
Das Lebergewicht wurde nach der Autopsie ermittelt. Das geringste Gewicht betrug 85o g, das höchste Gewicht 525o g.

Das nach der Sektion durch Benutzung eines Überlaufgefäßes festgestellte Lebervolumen ergab bei der kleinsten Leber ein Volumen von 81o ml und der größten Leber ein Volumen von 5o8o ml.

Bei der sonographischen Lebervolumenbestimmung fanden sich Werte zwischen 887 ml und 4764 ml. Aus dem nach der Autopsie ermittelten Lebergewicht und Lebervolumen war die Berechnung des spezifischen Gewichts möglich, das mit Werten zwischen 1,o26g/ml bis 1,o84 g/ml und einem durchschnittlichen spezifischen Gewicht von 1,o49 g/ml mit den Ergebnissen anderer Untersucher übereinstimmt (FRUCHT,1953; RASMUSSEN,1977).

Die Differenz zwischen dem durch Ultraschall und dem nach Autopsie durch Wasserverdrängung ermittelte Lebervolumen, das als wahres Lebervolumen angesehen wurde, betrug im Durchschnitt -32 ml. Die Grenzwerte reichten von -316 ml bis +269 ml. Die Abweichung des gemessenen Lebervolumens vom autoptisch gesicherten Lebervolumen betrug durchschnittlich -1,54%. Die größten Abweichungen errechneten sich mit -14,9% und +18,8%.

Statistisch konnte eine signifikante Korrelation zwischen autoptisch bestimmten und sonographisch ermittelten Lebervolumen gesichert werden, mit

$$R = 0{,}9876 \text{ bzw. } R' = 0{,}9428 \text{ und } p < 0{,}0001.$$

Die Genauigkeit der sonographischen Lebervolumenbestimmung bei Leichen ergibt eine 95%-ige Konfidenz für den Bereich von -84 bis + 2o ml.

Aus der Regression des sonographisch bestimmten Lebervolumens $LV_{(Son)}$ auf das autoptisch bestimmte Lebervolumen $LV_{(Aut)}$ ergibt sich

$$LV_{(Son)} = a + b \cdot LV_{(Aut)}$$

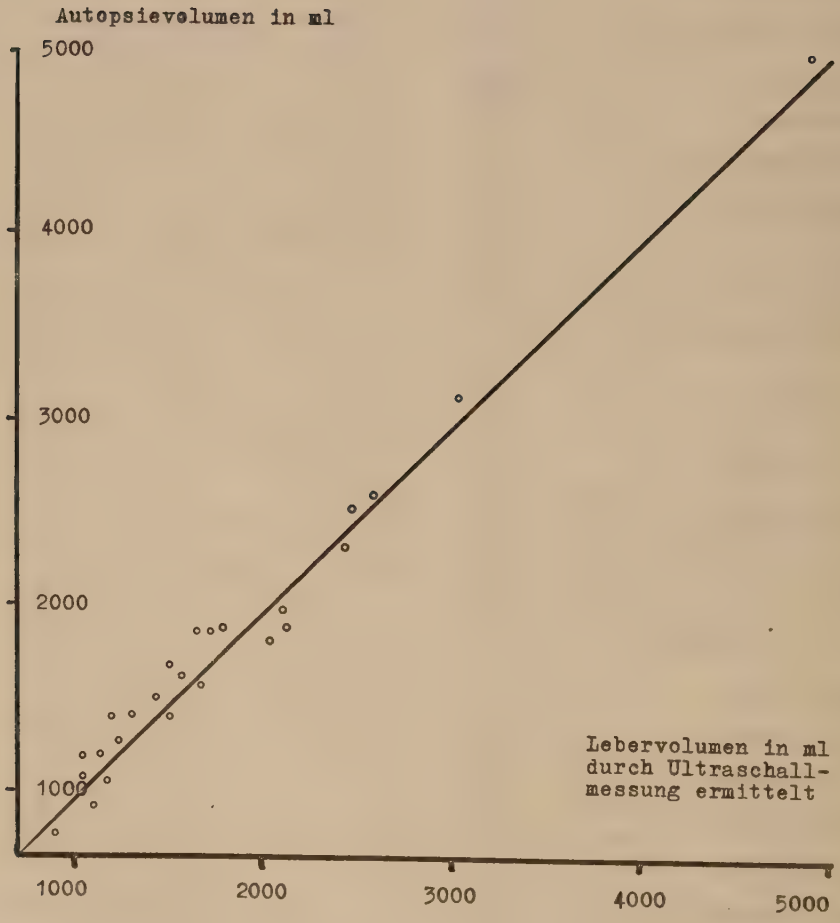
mit a = 114,2 und b = 0,9186 .

Die Steigung b wurde einem t-Test unterworfen, wobei b auf dem Niveau von 5% signifikant von 1 abweicht. Demnach fallen die mit Hilfe der Sonographie ermittelten Lebervolumina im Durchschnitt etwas zu klein aus.

belle 2: Korrelation sonographisch gemessener sowie nach Autopsie mittels Wasserverdrängung bestimmter Lebervolumina bei 26 Leichen

| Nr. | Geschl. | Alter | Größe cm | Gewicht kg | Körperoberfläche $m^2$ | Lebergewicht g | spezif. Lebergewicht $g/cm^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | w | 69 | 152 | 82 | 1,87 | 147o | 1,05o |
| 2 | m | 69 | 174 | 73 | 1,88 | 257o | 1,066 |
| 3 | w | 62 | 156 | 7o | 1,75 | 18oo | 1,084 |
| 4 | m | 75 | 176 | 82 | 2,o1 | 327o | 1,028 |
| 5 | w | 74 | 16o | 51 | 1,51 | 196o | 1,059 |
| 5 | m | 76 | 161 | 52 | 1,53 | 172o | 1,039 |
| 7 | m | 43 | 175 | 7o | 1,85 | 2o15 | 1,063 |
| 8 | m | 74 | 169 | 61 | 1,7o | 153o | 1,041 |
| 9 | w | 57 | 165 | 57 | 1,62 | 525o | 1,033 |
| o | m | 66 | 162 | 65 | 1,71 | 195o | 1,037 |
| 1 | m | 78 | 168 | 57 | 1,64 | 127o | 1,033 |
| 2 | m | 58 | 174 | 72 | 1,87 | 165o | 1,039 |
| 3 | w | 57 | 164 | 71 | 1,8o | 85o | 1,049 |
| 4 | m | 57 | 17o | 58 | 1,66 | 12oo | 1,039 |
| 5 | w | 37 | 173 | 68 | 1,81 | 162o | 1,045 |
| 5 | w | 63 | 154 | 49 | 1,45 | 2o2o | 1,036 |
| 7 | w | 47 | 162 | 69 | 1,76 | 194o | 1,026 |
| 8 | m | 73 | 185 | 8o | 2,o3 | 139o | 1,078 |
| 9 | w | 27 | 173 | 61 | 1,72 | 271o | 1,063 |
| o | m | 49 | 182 | 94 | 2,19 | 212o | 1,057 |
| 1 | w | 19 | 166 | 54 | 1,58 | 172o | 1,042 |
| 2 | w | 79 | 152 | 44 | 1,37 | 96o | 1,026 |
| 3 | m | 75 | 183 | 84 | 2,o7 | 182o | 1,08o |
| 4 | w | 57 | 164 | 55 | 1,59 | 128o | 1,041 |
| 5 | w | 76 | 156 | 62 | 1,64 | 116o | 1,055 |
| 6 | m | 47 | 183 | 79 | 2,o1 | 154o | 1,077 |

| histologischer Befund | Lebervolumen sonographisch ml | autoptisch ml | Volumendifferenz ml | % |
|---|---|---|---|---|
| Metastasenleber | 1421 | 14oo | + 21 | + 1,5o |
| Metastasenleber | 2223 | 241o | -187 | - 7,76 |
| Blutstauung | 1642 | 166o | - 18 | - 1,o8 |
| Verfettung | 3o47 | 318o | -133 | - 4,18 |
| Metastasenleber | 2119 | 185o | +269 | +14,54 |
| Metastasenleber | 1768 | 1655 | +113 | + 8,o4 |
| Blutstauung | 1827 | 1895 | - 68 | - 3,59 |
| Verfettung | 1362 | 147o | -1o8 | -7,35 |
| Metastasenleber | 4764 | 5o8o | -316 | - 6,22 |
| Blutstauung | 1715 | 188o | -165 | - 8,78 |
| Blutstauung | 1217 | 123o | - 13 | - 1,o6 |
| Blutstauung | 15o1 | 1587 | -- 86 | - 5,8o |
| Blutstauung | 887 | 81o | + 77 | + 9,5o |
| Lebercirrhose | 114o | 1155 | - 15 | - 1,3o |
| Blutstauung | 1473 | 155o | - 77 | - 4,97 |
| Metastasenleber | 219o | 195o | +24o | +12,31 |
| Blutstauung | 1835 | 189o | - 55 | - 2,91 |
| Blutstauung | 1238 | 129o | + 52 | + 4,o3 |
| Blutstauung | 23o5 | 255o | -245 | - 9,61 |
| Verfettung | 2115 | 2oo5 | +11o | + 5,49 |
| Blutstauung | 1784 | 165o | +134 | + 8,12 |
| Metastasenleber | 1111 | 935 | +176 | +18,82 |
| Blutstauung | 1582 | 1685 | -1o3 | - 6,11 |
| Blutstauung | 1o46 | 123o | -184 | -14,96 |
| Verfettung | 1o53 | 11oo | - 47 | - 4,27 |
| Blutstauung | 1342 | 143o | - 88 | - 6,15 |


Autopsievolumen in ml
5000
4000
3000
2000
1000
1000
2000
3000
4000
5000
Lebervolumen in ml
durch Ultraschall-
messung ermittelt

## 5.2 DIE SONOGRAPHISCHE LEBERVOLUMENBESTIMMUNG AN LEBERGESUNDEN PERSONEN

Das Lebervolumen von 15 weiblichen und 15 männlichen Probanden wurde sonographisch ermittelt. Die Untersuchten litten weder früher noch zur Zeit der Untersuchung an einer Erkrankung des Gastrointestinaltraktes, der Leber, des biliären Systems, des Kreislaufsystems, des Pankreas, der Nieren oder an einem endokrinologischen Leiden.
Es wurden Alter, Geschlecht, das Körpergewicht und die Körpergröße dokumentiert. Nach der Ermittlung der Lebervolumina entsprechend dem beschriebenen Verfahren wurde untersucht, ob eine Korrelation zwischen dem ermittelten Lebervolumen einerseits und biologischen Größen andererseits feststellbar ist.
Die Körperoberfläche wurde nach der Formel von DU BOIS und DU BOIS (1916) aus dem Körpergewicht und der Körpergröße errechnet:

$$S = 0{,}007184 \times W^{0{,}425} \times H^{0{,}725}$$

S bedeutet die Körperoberfläche in $m^2$, W das Körpergewicht in kg und H die Körpergröße in cm.
SPENCER (1967) bestimmte das Lebervolumen mit Hilfe einer allometrischen Formel, in die als variabler Faktor B lediglich das Körpergewicht des zu Untersuchenden in kg eingeht:

$$L = q \times B^x \times \frac{1}{1{,}04}$$

Tabelle 3 : Sonographisch ermitteltes Lebervolumen bei 30 Normalpersonen.

| Nr. | Geschl. | Alter J. | Größe cm | Gewicht kg | Körperober-fläche $m^2$ | sonographisch ermitteltes Lebervolumen ml | allometrisch errechnetes Lebervolumen ml |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | W | 34 | 165 | 50 | 1,52 | 1806 | 1172,23 |
| 2 | W | 47 | 164 | 61 | 1,68 | 1156 | 1388,84 |
| 3 | W | 20 | 161 | 49 | 1,49 | 1470 | 1150,41 |
| 4 | W | 46 | 165 | 75 | 1,86 | 1595 | 1709,14 |
| 5 | W | 76 | 162 | 64 | 1,70 | 1188 | 1442,58 |
| 6 | W | 25 | 168 | 56 | 1,62 | 1481 | 1302,52 |
| 7 | W | 36 | 171 | 60 | 1,68 | 1576 | 1388,84 |
| 8 | W | 53 | 158 | 58 | 1,60 | 1251 | 1345,73 |
| 9 | W | 34 | 164 | 67 | 1,75 | 1623 | 1538,93 |
| 10 | W | 46 | 161 | 46 | 1,43 | 1642 | 1073,79 |
| 11 | W | 39 | 168 | 68 | 1,78 | 1730 | 1549,61 |
| 12 | W | 33 | 176 | 74 | 1,91 | 1657 | 1687,93 |
| 13 | W | 31 | 169 | 62 | 1,72 | 1802 | 1431,84 |
| 14 | W | 21 | 156 | 43 | 1,37 | 1538 | 1018,82 |
| 15 | W | 43 | 157 | 58 | 1,60 | 1183 | 1345,73 |
| 16 | M | 49 | 172 | 66 | 1,78 | 1270 | 1517,56 |
| 17 | M | 50 | 162 | 59 | 1,63 | 1122 | 1367,30 |
| 18 | M | 54 | 165 | 67 | 1,76 | 2440 | 1538,93 |
| 19 | M | 48 | 175 | 73 | 1,88 | 1350 | 1656,09 |
| 20 | M | 41 | 164 | 62 | 1,69 | 1923 | 1431,84 |
| 21 | M | 64 | 167 | 69 | 1,79 | 1813 | 1581,61 |
| 22 | M | 51 | 158 | 62 | 1,65 | 1582 | 1431,84 |
| 23 | M | 38 | 172 | 59 | 1,68 | 1436 | 1367,30 |
| 24 | M | 22 | 162 | 53 | 1,55 | 1609 | 1237,50 |
| 25 | M | 49 | 178 | 83 | 2,03 | 1693 | 1878,07 |
| 26 | M | 34 | 167 | 58 | 1,64 | 1476 | 1345,73 |
| 27 | M | 60 | 172 | 75 | 1,90 | 1863 | 1709,14 |
| 28 | M | 44 | 173 | 81 | 1,97 | 1485 | 1835,95 |
| 29 | M | 39 | 173 | 64 | 1,76 | 1451 | 1474,75 |
| 30 | M | 16 | 174 | 54 | 1,57 | 2033 | 1259,20 |

| fferenz des allo-trisch errechneten m sonographisch stimmten Lebervolumen ml | % | Relation des sonographisch bestimmten Lebervolumens zum Körpergewicht ml/kg KG. | Relation des sonographisch bestimmten Lebervolumens zur Körperoberfläche ml/$m^2$ KOF. |
|---|---|---|---|
| -634 | -34,9 | 36,1 | 1188,1 |
| +233 | +20,2 | 19,3 | 696,4 |
| -320 | -21,8 | 30,0 | 986,6 |
| +114 | + 7,2 | 21,3 | 857,5 |
| +254 | +21,4 | 18,7 | 698,9 |
| -180 | -12,0 | 26,4 | 914,2 |
| -187 | -11,9 | 26,3 | 938,1 |
| + 95 | + 7,5 | 21,6 | 781,9 |
| - 85 | - 5,2 | 24,2 | 927,4 |
| -569 | -34,7 | 36,1 | 1148,3 |
| -180 | -10,4 | 25,6 | 971,9 |
| + 31 | + 1,8 | 22,4 | 867,5 |
| -370 | -20,7 | 29,1 | 1053,8 |
| -519 | -33,7 | 35,8 | 1122,6 |
| +163 | +13,8 | 20,4 | 739,4 |
| +248 | +19,6 | 19,2 | 721,6 |
| +245 | +21,8 | 19,0 | 688,3 |
| -901 | -37,0 | 36,4 | 1386,4 |
| +306 | +22,8 | 18,6 | 718,1 |
| -491 | -25,5 | 31,0 | 1137,9 |
| -232 | -12,8 | 26,3 | 1012,8 |
| -151 | - 9,4 | 25,5 | 957,6 |
| - 69 | - 4,7 | 24,3 | 854,2 |
| -371 | -23,2 | 30,4 | 1038,1 |
| +185 | +11,1 | 20,4 | 833,9 |
| -130 | - 8,7 | 25,4 | 900,0 |
| -154 | - 8,3 | 24,8 | 980,5 |
| +351 | +23,5 | 18,3 | 753,8 |
| + 24 | + 1,7 | 22,6 | 824,4 |
| -774 | -38,1 | 37,6 | 1294,9 |

wobei q eine Konstante der Größe o,o32 und x eine Konstante der Größe o,93 und L das Lebervolumen in ml bedeutet. Das spezifische Gewicht der Leber wird mit 1,04 $g/cm^3$ berücksichtigt.

Bei dieser Untersuchung wurden die durch Ultraschall ermittelten Lebervolumina dem Körpergewicht, der Körpergröße, der Körperoberfläche und dem allometrisch errechneten Lebervolumen gegenübergestellt. In der Tabelle 3 sind die ermittelten Meßwerte und Ergebnisse dieser Untersuchung aufgeführt.

Im 95%-Vertrauensbereich ergibt sich zwischen sonographisch ermitteltem Lebervolumen und dem Körpergewicht keine Korrelation:

( $\rho$ = 0,1o68; 95% VB: -0,2600 $\leqq \rho \leqq$ + 0,4467 )

für die Körperoberfläche ebenfalls keine Korrelation:

( $\rho$ = 0,1166; 95% VB: -0,2508 $\leqq \rho \leqq$ + 0,4546 )

für das nach der allometrischen Formel nach SPENCER (1967) errechnete Lebervolumen ebenfalls keine Korrelation:

( $\rho$ = 0,1184; 95% VB: -0,2491 $\leqq \rho \leqq$ + 0,456o )

## 5.3 DIE SONOGRAPHISCHE LEBERVOLUMENBESTIMMUNG BEI PATIENTEN MIT LEBERZIRRHOSE

An insgesamt 64 Patienten mit portaler Hypertension wurden sonographische Lebervolumenbestimmungen entsprechend der beschriebenen Methode vorgenommen.

Es handelt sich um

32 Patienten mit alkoholtoxischer Leberzirrhose
23 Patienten mit posthepatitischer Leberzirrhose
4 Patienten mit kryptogenetischer Leberzirrhose
4 Patienten mit praehepatischem Block
1 Patient mit primär biliärer Leberzirrhose

Alle Patienten wiesen Ösophagusvarizen auf und anamnestisch konnten bei allen Patienten Ösophagusvarizenblutungen gesichert werden. Die Diagnose der Pfortaderthrombose mit praehepatischem Block bei vier Patienten wurde angiographisch gesichert.

In Tabelle 4 sind die Untersuchungsergebnisse der Lebervolumenbestimmungen zusammengefaßt.

Die ermittelten Werte wurden einer Regressionsanalyse unterworfen. Im 95% Vertrauensbereich ergibt sich zwischen sonographisch bestimmtem Lebervolumen und dem Körpergewicht eine schwache Korrelation:

( $\varrho$ = 0,2762; 95% VB: + 0,0341 $\leqq \varrho \leqq$ 0,4945 )

zwischen dem sonographisch bestimmten Lebervolumen und der Körperoberfläche keine Korrelation:

( $\varrho$ = 0,2129; 95% VB: - 0,4929 $\leqq \varrho \leqq$ 0,7497 )

Tabelle 4 : Korrelation des sonographisch ermittelten Lebervolumens zum allometrisch errechneten Lebervolumen (SPENCER), zur Körperoberfläche und zum Körpergewicht bei 64 Patienten.

| Nr. | Geschl. | Alter J. | Größe cm | Gewicht kg | Körperoberfläche $m^2$ | sonographisch ermitteltes Lebervolumen ml | allometrisch errechnetes Lebervolumen ml |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | W | 43 | 162 | 47 | 1,46 | 2073 | 1105 |
| 2 | W | 54 | 176 | 65 | 1,78 | 2330 | 1493 |
| 3 | W | 50 | 164 | 61 | 1,67 | 1541 | 1408 |
| 4 | W | 29 | 170 | 55 | 1,62 | 1325 | 1278 |
| 5 | W | 47 | 158 | 51 | 1,50 | 1648 | 1192 |
| 6 | W | 42 | 168 | 64 | 1,73 | 1715 | 1472 |
| 7 | W | 48 | 158 | 60 | 1,63 | 2502 | 1386 |
| 8 | W | 31 | 158 | 41 | 1,35 | 2620 | 973 |
| 9 | W | 38 | 170 | 65 | 1,76 | 1483 | 1493 |
| 10 | W | 42 | 163 | 65 | 1,72 | 2764 | 1493 |
| 11 | W | 50 | 154 | 50 | 1,47 | 1498 | 1170 |
| 12 | W | 56 | 167 | 67 | 1,77 | 1183 | 1958 |
| 13 | W | 40 | 167 | 70 | 1,81 | 2060 | 1600 |
| 14 | W | 38 | 155 | 61 | 1,63 | 1934 | 1408 |
| 15 | M | 44 | 174 | 75 | 1,91 | 1728 | 1709 |
| 16 | M | 33 | 175 | 69 | 1,84 | 3280 | 1582 |
| 17 | M | 41 | 176 | 81 | 1,99 | 2848 | 1836 |
| 18 | M | 55 | 174 | 70 | 1,85 | 1532 | 1600 |
| 19 | M | 60 | 178 | 86 | 2,00 | 1796 | 1937 |
| 20 | M | 34 | 179 | 89 | 2,11 | 2743 | 2000 |
| 21 | M | 70 | 176 | 78 | 1,96 | 1554 | 1769 |
| 22 | M | 52 | 174 | 66 | 1,79 | 1699 | 1515 |
| 23 | M | 66 | 164 | 54 | 1,57 | 2630 | 1257 |
| 24 | M | 38 | 177 | 94 | 2,16 | 4742 | 2104 |
| 25 | M | 35 | 178 | 77 | 1,96 | 2558 | 1748 |
| 26 | M | 59 | 174 | 70 | 1,85 | 1860 | 1600 |
| 27 | M | 43 | 175 | 75 | 1,86 | 2732 | 1708 |
| 28 | M | 53 | 168 | 67 | 1,77 | 2381 | 1356 |
| 29 | M | 32 | 185 | 70 | 1,90 | 2468 | 1600 |
| 30 | M | 29 | 160 | 54 | 1,55 | 3295 | 1259 |
| 31 | M | 60 | 172 | 87 | 2,04 | 2921 | 1958 |
| 32 | M | 40 | 173 | 74 | 1,83 | 1664 | 1685 |

32 Patienten (Nr. 1 bis 32): alkoholtoxische Lebercirrhose

| Differenz des allometrisch errechneten zum sonographisch bestimmten Lebervolumen ml | % | Relation des sonographisch bestimmten Lebervolumens zum Körpergewicht ml/kg KG | Relation des sonographisch bestimmten Lebervolumens zur Körperoberfläche ml/$m^2$ KOF |
|---|---|---|---|
| -968 | -42,4 | 44,1 | 1419,9 |
| -873 | -35,5 | 35,8 | 1309,0 |
| -133 | - 8,7 | 25,3 | 922,8 |
| - 47 | - 3,5 | 24,1 | 817,9 |
| -456 | -27,5 | 32,3 | 1098,7 |
| -243 | -13,8 | 26,8 | 991,3 |
| -1116 | -44,7 | 41,7 | 1535,0 |
| -1647 | -63,6 | 63,9 | 1940,7 |
| + 10 | + 0,7 | 22,8 | 842,6 |
| -1271 | -46,0 | 42,5 | 1607,0 |
| -328 | -21,9 | 30,0 | 1019,0 |
| +775 | +65,5 | 17,7 | 668,4 |
| -460 | -22,3 | 29,4 | 1138,1 |
| -526 | -27,4 | 31,7 | 1186,5 |
| - 19 | - 1,1 | 23,0 | 904,7 |
| -1698 | -51,9 | 47,5 | 1782,6 |
| -1012 | -35,6 | 35,2 | 1431,2 |
| + 68 | + 4,4 | 21,9 | 828,1 |
| +141 | + 7,7 | 20,9 | 898,0 |
| -743 | -27,0 | 30,8 | 1300,0 |
| +215 | +13,9 | 19,9 | 792,9 |
| -184 | -10,8 | 25,7 | 949,2 |
| -1373 | -52,0 | 48,7 | 1675,2 |
| -2638 | -56,0 | 50,4 | 2195,4 |
| -810 | -31,3 | 33,2 | 1305,1 |
| -260 | -14,9 | 26,6 | 1005,4 |
| -1024 | -37,2 | 36,4 | 1468,8 |
| -845 | -29,4 | 35,5 | 1345,2 |
| -868 | -35,1 | 35,3 | 1298,9 |
| -2036 | -62,0 | 61,0 | 2125,8 |
| -963 | -34,9 | 33,6 | 1431,9 |
| + 21 | + 1,3 | 22,5 | 909,3 |

Fortsetzung Tabelle 4:

23 Patienten (Nr. 33 bis 55): posthepatitische Lebercirrhose



1 Patient (Nr. 56): primär biliäre Lebercirrhose

4 Patienten (Nr. 57 bis 60): kryptogenetische Lebercirrhose

4 Patienten (Nr. 61 bis 64): praehepatischer Block

| Nr. | Geschl. | Alter J. | Größe cm | Gewicht kg | Körperober-fläche $m^2$ | sonographisch ermitteltes Lebervolumen ml | allometrisch errechnetes Lebervolumen ml |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 33 | W | 33 | 167 | 55 | 1,60 | 2231 | 1278 |
| 34 | W | 50 | 168 | 61 | 1,69 | 1520 | 1408 |
| 35 | W | 57 | 152 | 38 | 1,27 | 823 | 906 |
| 36 | W | 37 | 174 | 67 | 1,81 | 1743 | 1536 |
| 37 | W | 59 | 169 | 74 | 1,87 | 1745 | 1685 |
| 38 | W | 56 | 164 | 48 | 1,48 | 1407 | 1126 |
| 39 | W | 28 | 165 | 63 | 1,69 | 2515 | 1450 |
| 40 | W | 65 | 165 | 72 | 1,82 | 1538 | 1642 |
| 41 | W | 58 | 167 | 85 | 1,99 | 1664 | 1916 |
| 42 | M | 51 | 165 | 62 | 1,69 | 1718 | 1429 |
| 43 | M | 60 | 175 | 82 | 2,00 | 1560 | 1853 |
| 44 | M | 32 | 165 | 65 | 1,73 | 2441 | 1493 |
| 45 | M | 23 | 172 | 65 | 1,77 | 1497 | 1493 |
| 46 | M | 62 | 173 | 80 | 2,00 | 1863 | 1811 |
| 47 | M | 49 | 173 | 73 | 1,88 | 1405 | 1663 |
| 48 | M | 46 | 185 | 74 | 1,96 | 2215 | 1684 |
| 49 | M | 47 | 173 | 74 | 1,89 | 1460 | 1685 |
| 50 | M | 38 | 175 | 81 | 1,99 | 2083 | 1832 |
| 51 | M | 75 | 176 | 69 | 1,84 | 3320 | 1579 |
| 52 | M | 62 | 176 | 73 | 1,90 | 2161 | 1663 |
| 53 | M | 63 | 172 | 71 | 1,85 | 1567 | 1621 |
| 54 | M | 43 | 168 | 70 | 1,76 | 2697 | 1600 |
| 55 | M | 63 | 164 | 62 | 1,68 | 1945 | 1429 |
| 56 | W | 40 | 163 | 51 | 1,52 | 1302 | 1192 |
| 57 | W | 50 | 166 | 76 | 1,88 | 1662 | 1727 |
| 58 | W | 55 | 156 | 47 | 1,43 | 890 | 1105 |
| 59 | M | 40 | 178 | 72 | 1,89 | 2144 | 1645 |
| 60 | M | 25 | 184 | 93 | 2,19 | 1272 | 2084 |
| 61 | W | 20 | 165 | 60 | 1,66 | 1058 | 1389 |
| 62 | M | 17 | 170 | 58 | 1,61 | 2368 | 1346 |
| 63 | M | 26 | 177 | 72 | 1,88 | 1627 | 1645 |
| 64 | M | 37 | 174 | 62 | 1,74 | 1828 | 1429 |

| ifferenz des allo-etrisch errechneten um sonographisch estimmten Lebervolumen ml | % | Relation des sonographisch bestimmten Lebervolumens zum Körpergewicht ml/kg KG | Relation des sonographisch bestimmten Lebervolumens zur Körperoberfläche ml/$m^2$ KOF |
|---|---|---|---|
| -953 | -42,6 | 40,6 | 1394,4 |
| -112 | - 7,4 | 24,9 | 899,4 |
| + 83 | +10,1 | 21,6 | 648,0 |
| -207 | -11,9 | 26,0 | 963,0 |
| - 60 | - 3,4 | 23,6 | 933,2 |
| -281 | -19,5 | 29,3 | 950,7 |
| -1065 | -42,6 | 39,9 | 1488,2 |
| +104 | + 6,8 | 21,4 | 845,1 |
| +252 | +15,3 | 19,6 | 836,2 |
| -289 | -16,7 | 27,7 | 1016,6 |
| +293 | +18,7 | 19,0 | 780,0 |
| -948 | -38,9 | 37,6 | 1411,0 |
| - 4 | - 0,3 | 23,0 | 845,8 |
| - 52 | - 2,8 | 23,3 | 931,5 |
| +258 | +18,5 | 19,2 | 747,3 |
| -531 | -23,9 | 29,9 | 1130,1 |
| +225 | +15,5 | 19,7 | 772,5 |
| -251 | -12,4 | 25,7 | 1046,7 |
| -1741 | -52,5 | 48,1 | 1804,3 |
| -498 | -23,0 | 29,6 | 1137,4 |
| + 54 | + 3,4 | 22,1 | 847,0 |
| -1097 | -40,7 | 38,5 | 1532,4 |
| -516 | -26,6 | 31,4 | 1157,7 |
| -110 | - 8,5 | 25,5 | 856,6 |
| + 65 | + 3,9 | 21,9 | 884,0 |
| +215 | +24,2 | 18,9 | 622,4 |
| -499 | -23,4 | 29,8 | 1134,4 |
| +812 | +63,9 | 13,7 | 581,0 |
| +331 | +31,9 | 17,6 | 637,3 |
| -1022 | -43,4 | 40,8 | 1470,8 |
| + 18 | + 1,1 | 22,6 | 865,4 |
| -399 | - 21,9 | 29,5 | 1050,6 |

Zwischen dem sonographisch bestimmten Lebervolumen und dem nach der allometrischen Formel von SPENCER (1976) bestimmten Lebervolumen ergibt sich ebenfalls keine Korrelation:
( $\varrho$ = 0,2396; 95% VB - 0,0058 $\leq \varrho \leq$ 0,4638 )

## 5.4 LEBERVOLUMENBESTIMMUNG BEI PATIENTEN MIT PORTALER HYPERTENSION VOR UND NACH SHUNT-OPERATION

Bei 15 von 23 Patienten, die sich wegen Ösophagusvarizenblutungen einer Shuntoperation unterzogen, konnte vor und nach der Shunt-Operation das Lebervolumen durch Ultraschall entsprechend der beschriebenen Methode bestimmt werden.
Die Geschlechts- und Altersverteilung, die Körpergröße, das Körpergewicht und die ermittelten Meßdaten sind aus der Tabelle 5 ersichtlich.
Bei 7 Patienten lag eine alkoholtoxische Leberzirrhose, bei 3 Patienten eine posthepatitische Leberzirrhose und bei je einem Patienten eine Leberfibrose und ein praehepatischer Block infolge einer Pfortaderthrombose vor.
Alle Diagnosen sind histologisch gesichert. Die bei einer Patientin bestehende Pfortaderthrombose wurde angiographisch gesichert. In 12 Fällen wurde eine mesenterico-cavale Anastomose mittels Draconprothese und in 3 Fällen eine splenorenale Anastomose angelegt.
Die postoperative sonographische Kontrolluntersuchung erfolgte in einem Zeitraum von 8 Tagen bis 416 Tagen nach dem Operationstermin. Die Abbildung 6 zeigt als graphische Dar-

stellung die Änderung des Lebervolumens nach der Shunt-Operation im Vergleich zur praeoperativen Volumenbestimmung durch Ultraschall.
Bei 3 Patienten wurde in der frühen postoperativen Phase eine deutliche Volumenzunahme der Leber von etwa 4oo ml gegenüber der praeoperativen Messung festgestellt. Bei allen übrigen Kontrollmessungen konnte sowohl kurze Zeit nach der Operation als auch im Abstand bis zu 13 Monaten eine mäßige bis deutliche Verminderung des Lebervolumens festgestellt werden.

## 5.5 LEBERVOLUMENBESTIMMUNG BEI PATIENTEN MIT EINER STAUUNGSLEBER INFOLGE DEKOMPENSIERTER RECHTSHERZINSUFFIZIENZ UND ANSCHLIESSENDER REKOMPENSATION

Bei 1o Patienten, die wegen einer Rechtsherzinsuffizienz stationär behandelt wurden, konnte vor und nach Rekompensation das Lebervolumen durch Ultraschall bestimmt werden.
In Tabelle 7 sind die Geschlechts- und Altersverteilung, die Art der Herzerkrankung sowie die ermittelten Meßwerte aufgeführt. Obwohl diese Patientengruppe zu klein ist, um eine statistische Auswertung der Untersuchung vorzunehmen, fallen doch zwei sich unterschiedlich verhaltende Gruppen auf. Während sich bei dekompensierten multivalvulären Vitien die größten Volumenänderungen fanden, konnte bei Herzinsuffizienz infolge coronarer Herzkrankheit oder beim Cor pulmonale eine eindeutige Lebervolumenänderung nicht verzeichnet werden.

Tabelle 5 : Änderung des Lebervolumens nach porto-cavaler Shunt-Operation (MCA = mesenterico-cavale Anastomose mittels Dacron-Prothese; SRA = spleno-renale Anastomose)

| Patient | Alter J. | Größe cm | Gewicht kg | Körperoberfläche $m^2$ | Operation am | Art der Anastomose |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 M | 39 | 169 | 56 | 1,63 | 21.10.77 | MCA |
| 2 M | 40 | 176 | 90 | 2,10 | 8.09.77 | MCA |
| 3 M | 39 | 175 | 75 | 1,92 | 20.09.77 | SRA |
| 4 M | 22 | 172 | 65 | 1,77 | 19.09.77 | SRA |
| 5 M | 34 | 178 | 77 | 1,97 | 19.12.77 | MCA |
| 5 | | | | | | |
| 6 M | 48 | 173 | 73 | 1,82 | 28.11.77 | MCA |
| 7 F | 32 | 167 | 55 | 1,60 | 10.03.78 | MCA |
| 8 M | 33 | 179 | 89 | 2,11 | 25.10.77 | MCA |
| 9 F | 48 | 166 | 76 | 1,88 | 11.04.78 | MCA |
| 10 F | 40 | 164 | 49 | 1,48 | 13.02.78 | MCA |
| 11 M | 24 | 185 | 93 | 2,19 | 30.09.77 | SRA |
| 12 F | 55 | 167 | 67 | 1,77 | 7.02.78 | MCA |
| 13 M | 40 | 183 | 77 | 1,99 | 24.08.78 | MCA |
| 14 F | 14 | 162 | 53 | 1,58 | 14.12.77 | MCA |
| 15 M | 39 | 166 | 61 | 1,68 | 19.06.77 | MCA |

| Untersuchung prae- und postoperativ | Lebervolumen ml | Zeitraum zwischen Operation und 2. Bestimmung (Tage) | Volumendifferenz ml | % |
|---|---|---|---|---|
| 12.10.77 | 1010 | | | |
| 5.12.77 | 1036 | 45 | + 26 | + 2,6 |
| 29.08.77 | 2448 | | | |
| 4.10.77 | 2003 | 26 | -445 | -18,5 |
| 14.09.77 | 2144 | | | |
| 22.09.77 | 2558 | 8 | +414 | +19,3 |
| 13.06.77 | 1497 | | | |
| 3.10.77 | 1857 | 14 | +440 | +29,3 |
| 7.09.77 | 2558 | | | |
| 3.01.78 | 2957 | 21 | +399 | +15,6 |
| 7.09.77 | 2558 | | | |
| 6.07.78 | 2471 | 273 | - 87 | - 3,4 |
| 7.09.77 | 1405 | | | |
| 13.02.78 | 1100 | 77 | -305 | -21,7 |
| 13.06.77 | 2231 | | | |
| 22.03.78 | 1980 | 12 | -251 | -11,3 |
| 13.10.77 | 2143 | | | |
| 7.11.77 | 1949 | 10 | -194 | - 9,5 |
| 25.08.77 | 1662 | | | |
| 25.04.78 | 1478 | 247 | -184 | -11,1 |
| 12.01.78 | 1541 | | | |
| 13.06.78 | 1559 | 122 | - 18 | - 1,2 |
| 21.09.77 | 2272 | | | |
| 29.08.77 | 2284 | 348 | + 51 | + 0,5 |
| 19.01.78 | 1379 | | | |
| 20.02.78 | 1183 | 32 | -196 | -14,1 |
| 13.02.78 | 2460 | | | |
| 6.09.78 | 2387 | 13 | - 93 | - 3,9 |
| 12.12.77 | 1823 | | | |
| 11.09.78 | 1513 | 302 | -310 | -17,1 |
| 21.07.77 | 2328 | | | |
| 3.08.78 | 2026 | 416 | -302 | -12,9 |

Tabelle 6 (Graphik)

Graphische Darstellung der Änderung des Lebervolumens nach porto-cavaler Shunt-Operation bei 15 Patienten.

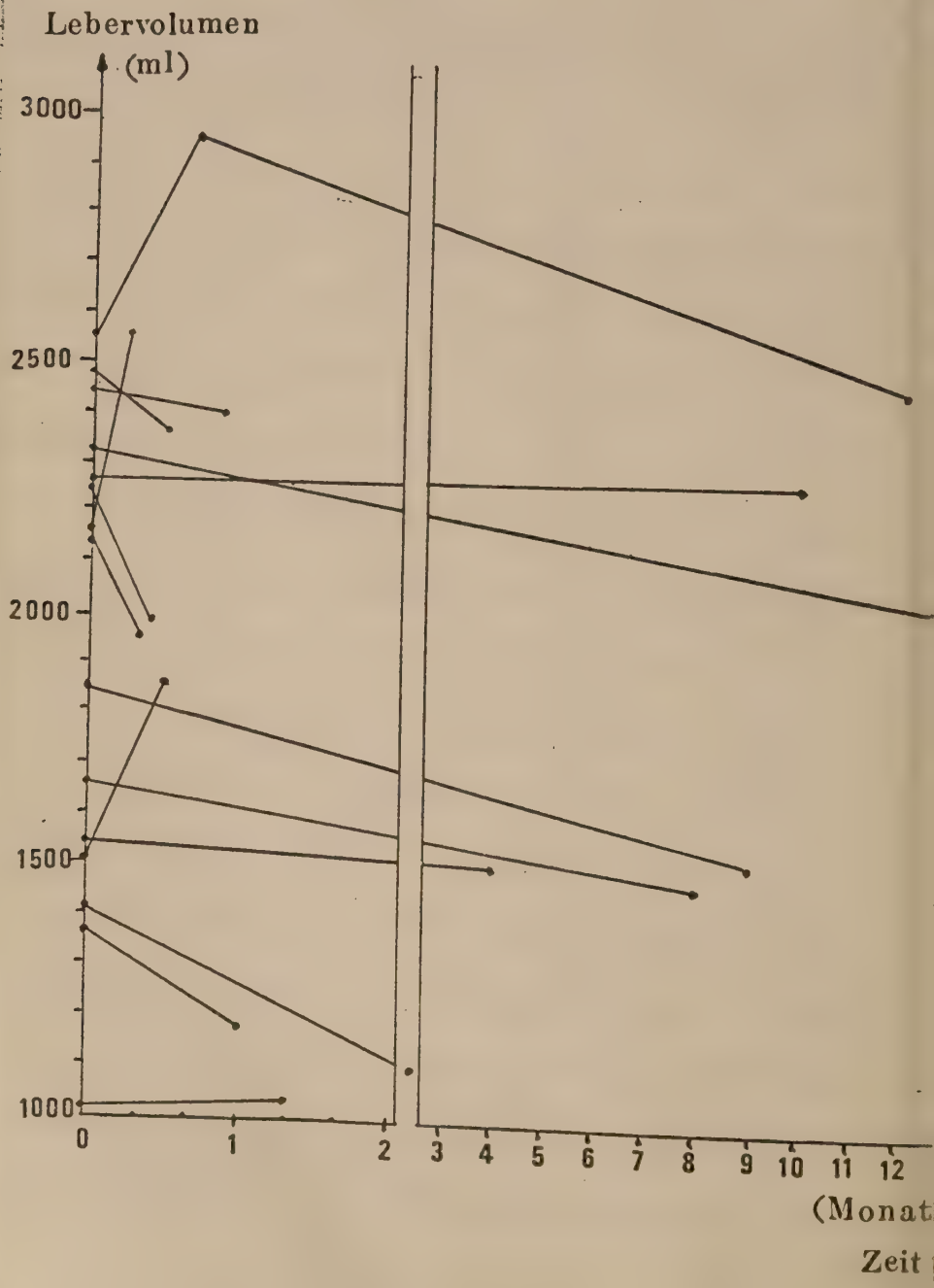


Tabelle 7 : Änderung des Lebervolumens bei 10 Patienten mit Rechts-Herz-Insuffizienz, gemessen während Dekompensation und nach Rekompensation

| Patient | Alter | Art der Herzerkrankung | Lebervolumen | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | während Dekompensation | nach Rekompensation | Differenz |
| 1 M | 49 J. | kombiniertes Mitralvitium mit Tricuspidalinsuffiz. | 1826 ml | 1573 ml | - 253 ml |
| 2 M | 54 J. | kombiniertes Mitralvitium mit Tricuspidalinsuffiz. | 2448 ml | 1967 ml | - 481 ml |
| 3 M | 45 J. | multivalvuläres vitium cordis | 2037 ml | 1814 ml | - 223 ml |
| 4 M | 63 J. | Cor pulmonale | 1813 ml | 1762 ml | - 151 ml |
| 5 M | 38 J. | Zustand nach Herzinfarkt | 1350 ml | 1372 ml | + 22 ml |
| 6 M | 47 J. | kombiniertes Mitralvitium mit Tricuspidalinsuffiz. | 2174 ml | 1886 ml | - 288 ml |
| 7 M | 69 J. | coronare Herzkrankheit | 1285 ml | 1349 ml | + 64 ml |
| 8 M | 63 J. | Mitral-Tricuspidalinsuffizienz | 2310 ml | 2047 ml | - 263 ml |
| 9 F | 34 J. | kombiniertes Mitralvitium | 1806 ml | 1681 ml | - 125 ml |
| 10 F | 57 J. | coronare Herzkrankheit | 1256 ml | 1313 ml | + 57 ml |

## 6. DISKUSSION

Zur Beurteilung von Erkrankungen, die die Lebergröße beeinflussen, wird zunehmend das präzise Lebervolumen als diagnostisches Kriterium herangezogen. Nur wenige Autoren sind der Ansicht, daß die Messung des Lebervolumens wenig signifikante Werte ergibt (HOLMES, 1976).

Die Forderung nach einer exakten Untersuchungsmethode wird durch die Suche nach einer für den Patienten schonenden, für den Untersucher zeitlich vertretbaren und für den Kostenträger finanzierbaren Methode ergänzt.

Eine palpatorisch und perkutorisch erfaßbare Lebervergrößerung vermittelt dem Untersucher nur einen orientierenden Eindruck (GROSS, 1977).

Zahlreiche Autoren haben neue und präzisere Methoden erprobt, die mit unterschiedlich großem technischen Aufwand doch noch eine beachtliche Streubreite der Meßpräzision aufweisen.

Im Kapitel 2 und 3 werden wichtige Methoden zur Lebervolumenbestimmung vorgestellt, die Röntgentechnik, Isotopen und Ultraschall als technische Hilfsmittel verwenden. Da Studien zur Formvarianz normaler Lebern (McAFEE, 1965; McNULTY, 1977) zeigen konnten, daß man von einer Formenvielfalt auch gesunder Lebern auszugehen hat, sind Volumen- oder Gewichtsbestimmungsmethoden, die geometrische Hilfskonstruktionen (FIORIOLI, 1953; ROLLO und DeLAND, 1968) oder Größenindices (WALK, 1961; WINKLER et al.,1973) beinhalten, für präzise Lebervolumenbestim-

mungen nicht geeignet. Eine mögliche individuelle Abweichung von der Idealform der Leber geht als Meßfehler in die Berechnung ein.

Auch die räumliche Rekonstruktion der Leber durch mehrere zweidimensionale Abbildungen (FUJII, 1976) ist mit einer Meßfehlerbreite von über 10% belastet.

Unter den genannten Bedingungen kann als präzise Darstellungsform eine Untersuchungstechnik gelten, die Schnittbilder in jeder denkbaren Schnittebene durch den menschlichen Körper widergeben kann. Da die Sonographie diese Forderung erfüllt, bietet sie gegenüber anderen Verfahren zur Volumenbestimmung der komplizierten räumlichen Leberkonfiguration entscheidende Vorteile.

Allen bereits von anderen Autoren beschriebenen Methoden zur Lebervolumenbestimmung durch Ultraschall ist die Verwendung der B-Bildtechnik und damit die bildliche Dokumentation von Ultraschalltomogrammen der Leber gemeinsam. Unterschiede ergeben sich bei der Wahl der Schnittbildführung. Dabei ist die exakte Darstellung des kranialen Leberanteils, der durch die Lungenüberlagerung schwer darstellbar ist, besonders problematisch. HOLMES (1964), KARDEL (1971) und CARR (1976) erwähnen dieses Problem. CARR (1976) ergänzt diesen nach seiner Abbildungstechnik nicht erreichbaren Anteil durch eine paraboloide Konstruktion.

Durch die dieser Arbeit zugrundeliegenden Abbildungstechnik wird die Leberkuppe in idealer Weise erreicht.

Die longitudinalen Schnittbilder werden bei tiefer Inspiration

des Patienten angefertigt und nur in wenigen Ausnahmefällen war eine vollständige Abbildung der Leber nicht erreichbar. Gründe für eine mangelhafte Schnittbilddarstellung waren Ankopplungsschwierigkeiten des Schallkopfes an die Körperoberfläche des Patienten durch Narben oder Limitierung der Eindringtiefe durch extreme Adipositas, eingeschränkte Zwerchfellmotilität oder Darmmeteorismus.
Die Meßgenauigkeit der gewählten Lebervolumenbestimmungsmethode wurde an Leichen überprüft. Bei günstiger Lagerung der Leiche mit einer möglichst starken Lordose im Brustwirbelbereich war die Leber auch im kranialen Bereich unter Berücksichtigung der genannten Ankopplungs- und Eindringprobleme voll erreichbar.

FIORIOLI (1959/60) grenzt sein Bestimmungsverfahren durch Perkussion selbst ein, indem er "bei normaler Lebergröße, diffuser, gleichmäßiger Vergrößerung und Verkleinerung der Leber brauchbare Ergebnisse" erzielt. Der von WALK (1961) bestätigte durchschnittliche Fehler von $\mp$20% kann möglicherweise mit der Wahl von nur zwei Projektionsbildern zur Konstruktion eines räumlichen Gebildes erklärt werden.
RIEMENSCHNEIDER u. WHALEN (1965), YAGAN et al.(1962) und ROLLO u.DeLAND (1968) verglichen ante-mortem-Messungen mit postmortalen Kontrollbefunden. RIEMENSCHNEIDER u. WHALEN (1965) geben als Zeitintervall zwischen röntgenologisch gemessener Lebergröße und autoptischer Kontrolle 6 Wochen an und machen selbst den Vorbehalt, daß viele Faktoren in einem so großen Zeitraum die Lebergröße beeinflussen können. Besonders hämodynamische Pro-

zesse können einen erheblichen Einfluß auf die Größenveränderung des Organs haben.

RASMUSSEN (1977) bezeichnete die von ROLLO u. DeLAND erzielten Ergebnisse im Hinblick auf die "sehr geringfügige Abweichung der Meßergebnisse in Verbindung mit der ziemlich primitiven Meßmethode" als erstaunlich.

BUCHENAU u. LIEHR (1973) kontrollierten ihre an Leichen erhobenen Lebervolumenbestimmungen durch anschließende autoptische Kontrollen. Sie weisen darauf hin, daß eine exakte Aufzeichnung der Leberrandkontur im B-Bild und eine genaue planimetrische Auswertung der Fläche Voraussetzung für ein gutes Meßergebnis sind.

RASMUSSEN (1977) verbesserte seine 1972 ermittelten Meßergebnisse, indem er die autoptische Kontrolle der post-mortem-Messung exakter durchführte. Ein Ausbluten der Leber bei der Organentnahme wurde möglichst vermieden.

In der eigenen Untersuchung wurde ebenfalls auf eine sorgfältige Leberentnahme und Unterbindung aller Lebergefäße geachtet. So konnte die geringe Differenz zwischen sonographisch ermitteltem Lebervolumen und der Volumenbestimmung durch Wasserverdrängung in einem Überlaufgefäß in den Grenzen von - 316 ml bis + 269 ml mit einem Mittelwert von - 32 ml erreicht werden. Die Genauigkeit der sonographischen Lebervolumenbestimmung bei Leichen ergibt eine 95% Konfidenz für den Bereich von - 84 ml bis + 20 ml. Damit ist die vorgestellte Methode geeignet, auch geringe Volumenänderungen des Organs zu registrieren. Der diagnostische Stellenwert der Lebervolumenbestimmung wurde durch

die erzielte Präzision wesentlich erhöht.

Durch sonographische Lebervolumenbestimmungen an lebergesunden Probanden und an Patienten mit einer Größenveränderung der Leber soll beispielhaft die diagnostische Verwendbarkeit des vorliegenden sonographischen Bestimmungsverfahrens dargestellt werden.

Durch Lebervolumenbestimmungen an 15 Männern und 15 Frauen wurde untersucht, ob eine Korrelation zwischen dem ermittelten Lebervolumen einerseits und biologischen Größen andererseits feststellbar sind. SPENCER (1967); BIRCHER et al.(1973); HALPERN et al.(1971) fanden in ihren Untersuchungen eine Korrelation zwischen dem ermittelten Lebervolumen und dem Körpergewicht. DeLAND et al.(1968) fanden eine Korrelation zwischen dem Lebergewicht und der Körperoberfläche gemäß der Formel von DuBOIS u. DuBOIS (1916).

Die eigenen Untersuchungen konnten weder eine Korrelation des Lebervolumens zum Körpergewicht, zur Körperoberfläche oder dem allometrisch nach der Formel von SPENCER (1967) errechneten Volumen aufzeigen. Damit ergibt sich ein Widerspruch zu den Ergebnissen der angeführten Autoren, und es muß betont werden, daß das Lebervolumen eine individuelle und unabhängige Größe darstellt.

BRIGHT (1852) beobachtete, daß zirrhotische Lebern anfänglich vergrößert, später jedoch verkleinert sind. Dieser Beobachtung widerspricht BIRCHER (1973). Er weist auf autoptische Kontrolluntersuchungen hin, welche genauso viele verkleinerte wie vergrößerte Lebern aufweisen.

Die Zahl der Leberzirrhotiker, die an einer Ösophagusvarizenblutung sterben, nimmt ständig zu (PAQUET, 1977). Statistisch steht die Leberzirrhose an vierter Stelle der Todesursachen, und 3o% davon sind Folgen von Ösophagusvarizenblutungen (RESNICK, 1977). Obwohl die Shuntoperationen geeignet sind, den Pfortaderdruck bei Patienten mit einer Leberzirrhose und portaler Hypertension zu senken, konnte bisher in vielen Fällen die Überlebenszeit der operativ behandelten gegenüber den nicht operierten Patienten nicht eindeutig verlängert werden (HALPERN et al.,1971).

Zahlreiche Autoren suchten deshalb Auswahlkriterien zur Bestimmung einer präzisen Operationsindikation.

OSSENBERG et al.(1976) sehen in der Messung des Lebervenendrucks die größte diagnostische und prognostische Bedeutung. ZÖCKLER (1975) und BIERSACK (1977) verweisen dagegen auf die diagnostische Bedeutung einer genauen Beurteilung des arteriellen und portalvenösen Anteils an der Gesamtleberdurchblutung.

Als Voraussetzung für eine Shuntoperation fordert PAQUET (1977):

kompensierte Leberfunktion
keine Aktivität der Zirrhose
keine präoperative hepatoportale Enzephalopathie
keine schwere Begleiterkrankung
sequenzszintigraphisch gemessene selektive Pfortaderdurchströmung 15-4o%
durch Ultraschall gemessenes Lebervolumen zwischen 1000 ml und 2500 ml.

JACKSON et al. (1971); BIRCHER et al. (1973); MAILLARD et al. (1976) messen dem Lebervolumen eine entscheidende Bedeutung für die postoperative Hämodynamik und der Prognose zu. LIEHR et al. (1976) konnten bei einem Lebervolumen zwischen 1000 ml und 1500 ml die besten postoperativen Ergebnisse erzielen.

Die im Rahmen dieser Arbeit vorgenommenen Lebervolumenbestimmungen bei Patienten mit portaler Hypertension hatten unmittelbar praktische Bedeutung, indem sie eines der diagnostischen Kriterien für die Auswahl zu einer Shuntoperation waren. Alle 15 ausgewählten Patienten hatten ein Lebervolumen zwischen 1000 ml und 2500 ml.

Anhand einer zweiten postoperativen Kontrolle des Lebervolumens durch Ultraschall wurde überprüft, ob eine Veränderung des Volumens feststellbar ist. FISHER et al.(1967) konnten bei Shuntoperationen an Ratten einen Monat nach der Operation eine signifikante Abnahme der Lebervolumina feststellen. RASMUSSEN (1975) fand ebenfalls eine deutliche Verkleinerung von Lebern nach porto-cavaler End-zu-Seit-Shuntoperationen. Das Verhalten der Lebervolumina von 15 prae- und postoperativ untersuchten Patienten in Tabelle 5 und der graphischen Darstellung auf S. 58 zeigt, daß drei Patienten in der frühen postoperativen Phase eine Zunahme des Lebervolumens um etwa 400 ml aufweisen. Die anderen, in größerem zeitlichen Abstand von der Operation durchgeführten Untersuchungen zeigen dagegen eine mäßige Verkleinerung des Lebervolumens.

Die in der frühen postoperativen Phase beobachtete teils erhebliche Zunahme der Lebervolumina ging bei einigen Patienten mit Leberinsuffizienzerscheinungen einher.

Möglicherweise kann hier ein Leberödem bei Leberzelluntergang angenommen werden. Die Verkleinerung des Lebervolumens in der späten postoperativen Phase wird auf die Atrophie des Lebergewebes aufgrund der Reduktion von Fett- und Wassereinlagerung zurückgeführt (RASMUSSEN et.al.,1975) oder durch den Wegfall der hepatotrophen Substanzen wie Insulin (STARZL, 1977).

## ZUSAMMENFASSUNG

Die im Rahmen dieser Untersuchung vorgestellte Methode zur Lebervolumenbestimmung durch Ultraschall ermöglicht mit relativ geringem personellen und technischen Aufwand eine präzise Bestimmung des Lebervolumens. Als nichtinvasives diagnostisches Verfahren kann die Untersuchung unabhängig vom Funktionszustand der Leber erfolgen. Von der beim diagnostischen Ultraschall eingesetzten Strahlenintensität sind keine schädlichen Energiedosen zu befürchten und der Untersuchungsvorgang stellt keine Belästigung für den Patienten dar.

Die vorgelegten Untersuchungen zeigen, daß durch Anwendung der gewählten Methode wesentlich bessere Meßergebnisse als bei Vergleichsstudien, die auf szintigraphischer oder röntgenologischer Technik basieren, erzielbar sind. Die gewählte Schnittführung der Ultraschalltomogramme erlaubt eine optimale Darstellung des Organs auch in seinem cranialen lungenüberlagerten Anteil. Durch das erstellte Schnittbildmaterial sind die Untersuchungsergebnisse zudem reproduzierbar und lassen Vergleichsstudien zu. Die aufzuwendende Zeit für den Meß- und Auswertungsvorgang liegt mit 45 - 6o Minuten pro Volumenbestimmung in vertretbarer Größenordnung. Auf eine Zuhilfenahme der Computertechnik bei der Auswertung kann verzichtet werden, um die Einsetzbarkeit des Verfahrens nicht auf medizinische Zentren mit entsprechender Ausstattung zu beschränken.

In Kombination mit anderen Kriterien stellt das quantitativ bestimmte Lebervolumen ein relevantes diagnostisches Kriterium

bei der Beurteilung von Krankheitszuständen dar, die mit einer Volumenänderung der Leber einhergehen.

Durch die praktische Anwendung des Verfahrens an Patienten mit Leberzirrhose und rezidivierenden Ösophagusvarizenblutungen konnte gezeigt werden, daß die Kenntnis des exakten Lebervolumens für Prognöse und postoperativen Verlauf von hohem Stellenwert ist, und dadurch die Durchführung blutumleitender Operationen an der Leber bei hämodynamisch ungünstigen Voraussetzungen unterbleiben können.

Die sonographische Lebervolumenbestimmung ist damit zusammen mit anderen Kriterien geeignet, das Operationsrisiko besser abzuschätzen und durch die Selektion von operationsungeeigneten Patienten die Prognose der Shuntoperation zu verbessern.

# L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s


1. Austerhoff, A., W.P. Fritsch, R.M. Jungblut — Sonographie - rationelle Diagnostik von Abdominalerkrankungen. Rh. Ärzteblatt 23 (1977)

2. Baker, M.L., G.V. Dalrymple — Biological effects of diagnostic ultrasound: a review. Radiology 126 (1978) 479

3. Benninghoff, A., K. Goerttler — Lehrbuch der Anatomie des Menschen, Bd. 2, Eingeweide, 9. Auflage, Urban und Schwarzenberg, München und Berlin, 1971

4. Bergmann, L. — Der Ultraschall und seine Anwendung in Wissenschaft und Technik. 2. Auflage, 1939; 6. Auflage 1954. Hirzel, Stuttgart

5. Biersack, H.J., H.P. Breuel, H. Ebinger — Nuklearmedizinische Untersuchungen bei Leber- und Milzerkrankungen. Therapiewoche 27 (1977)

6. Bircher, J.R., G. Paumgartner, B. Cueni, R. Preisig — The significance of liver volume in patients with cirrhosis. Eur. J. Clin. Invest. 3 (1973)

7. Bright, R. — On diseases of the liver, p.138 Churchill, London 1852

8. Brühl, W. — Leber- und Gallenwegserkrankungen. 3. Auflage Thieme Stuttgart, 1969

9. Buchenau, D., H. Liehr — Die Bestimmung des Lebervolumens mittels Ultraschall. Z. Gastroenterologie 11 (1973) 11

10. Carr, D., J.G. Duncan, R. Railton, C.B. Smith — Liver volume determination by ultrasound: a feasibility study. Brit. J. Radiol. 49 (1976) 776

11. Castell, D.O. K.D. O'Brien, H. Muench, T.C. Chainiers — Estimation of liver size by percussion in normal individuals. Ann. Intern. Med. 70 (1969) 1183

12. Curie, J., P. Curie — Developement par pression de l'electricité polaire dans les cristaux hémiédres á faces inclinées. Comptes Rendus 91 (188o) 294

13. DuBois, D., E.F. DuBois — A formula to estimate the approximate surface area if heigh and weight be known. Arch. Inter.Med. 17 (1916) 863

14. Dussik, K.T. — Über die Möglichkeit hochfrequente mechanische Schwingungen als diagnostische Hilfsmittel zu verwenden. Z. ges. Neurol. Psych. 174 (1942)153

15. Fiorioli, W. — Die klinische Auswertung des röntgenologischen Lebermeßverfahrens. Med. Klin. 48 (1953) 1138

16. Fiorioli, W. — Berechnung des Lebergewichts am Lebenden. Med. Klin. 54 (1959) 254

17. Fisher, B., E.R. Fisher, S. Lee — Experimental evaluation of liver atrophy and portocaval shunt. J. Obstet. Gynaec. 125,6(1967)1253

18. Frucht, A.-H. — Die Schallgeschwindigkeit in menschlichen und tierischen Geweben. Z. gesamte exp. Med.120 (1953) 526

19. Fujii, M., T. Mukati, T. Yamamoto, G. Wakisaka — Determination of liver volume by the use of a gamma camera connected with 1600 or 4o96 channel analyser in diffuse liver diseases. Gut-Verlag 17 (1976) 289

20. Gernet, H., H. Osterholt — Objektive Aniseikoniemessung - Grundlage und Möglichkeiten. Ultrasonography in ophthalmology. Bibl. ophthal. 83 (1975) 287

21. Götze, O. — Die Röntgendiagnostik bei gasgefüllter Bauchhöhle, eine neue Methode. Münch. med. Wschr. (1918) 1275

22. Gramiak, R., P.M. Shah, D.H. Kramer — Ultrasound cardiography: contrast studies in anatomy and function. Radiology 92 (1969) 939

23. Gross, R., Schölmerich, P. — Lehrbuch der Inneren Medizin. Schattauer-Verlag, Stuttgart - New York, 1977

24. Halpern, A., J. Bircher, J. Tauber, R. Blankart, H. Rösler, R. Preisig — Spezifische Leberfunktion: Das Lebervolumen als Referenzparameter der Funktion. Schweiz. Med. Wochenschr.101 (1971)

25. Holm, H.H., J.K. Kristensen, J.F. Pedersen, S. Hancke, A. Northeved — A new mechanical real time ultrasonic contact scanner. Ultrasound Med. Biol. 2 (1975)

26. Holmes, J.H., W.L. Wright, D.H. Howry — Present status of ultrasonic medical diagnostic techniques. Trans. Am. Clin. Climatol. Assoc. 75 (1964) 117

27. Howry, D.H., W.R. Bliss — Ultrasonic visualization of soft tissue structures of the body. J. Lab. clin. Med. 40 (1952) 579

28. Huhnstock, K., W. Kutscha — Diagnose und Therapie in der Praxis. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 4. Auflage, 1976

29. Jackson, F.C., F.B. Perrin, W.R. Felix, A.G. Smith — A clinical investigation of the portocaval shunt. Survival analysis of the therapeutic operation. Ann. Surg. 174 (1971) 672

30. Kardel, T., H.H. Holm, S.N. Rasmussen, T. Mortensen — Ultrasonic determination of liver and spleen volume. Scand. J. clin. Lab. Invest. 27 (1971) 123

31. Kazner, E., Kresse, H. — Physik und Technik der Ultraschall-diagnostik. Dt. Ärzteblatt 33 (1973) 2137

32. Kossoff, G. — Improved techniques in ultrasound cross-sectional echography. Ultrasonics 10 (1972) 221

33. Krause, W., R. Soldner — Ultraschallbildverfahren (B-scan) mit hoher Bildfrequenz für medizinische Diagnostik. Electromedica 4 (1967) 8

34. Liehr, H., R. Winkler, D. Buchenau, M. Grün, H. Schott, J. Wolter, R. Zwirner — Die Bedeutung des Lebervolumens für die Frühletalität nach porto-cavaler Shuntoperation. Klinische Befunde zu pathophysiologischen Überlegungen. im Druck

35. Lowe, W.L. — Neoplasms of the gastrointestinal tract. Bern: Huber 1972

36. Ludwig, G.D., F.W. Struthers — Considerations underlying the use of ultrasound to detect gallstones and foreign bodies in tissue. Naval medical Research Institute, Project NW 004 001, 1949

37. Ludwig, G.D. — The velocity of sound through tissues and the acoustic impedance of tissues. J. acoust. Soc. Amer. 22 (1950) 862

38. Lutz, P. — Zur Technik der röntgenologischen Lebergrößenbestimmung. Med. Klin. 48 (1953) 1137

39. Maillard, J.N., P. Clot, T. Coste — Preoperative parameters influencing survival in patients with elective portacaval shunts. Digestion 10 (1974) 129

40. McAfee, J.G., A.G. Robert, H.N. Wagner jr. — Diagnostic value of scintillation scanning of the liver. Arch. Intern. Med. 116 (1965) 95

41. McNulty, J.G. — Radiology of the liver. Saunders, Philadelphia, London, Toronto, 1977

42. McVicar, J., J. Donald — Sonar in the diagnosis of early pregnancy and its complications. J. Obstet. Gynaec. Br. Commonw. 70 (1963) 387

43. Mohr, W. Röntgenologische Erfassung der Milz- und Lebergröße bei Malaria. Fortschr. Röntgenstr. 72 (1949) 93

44. Nimeh, W. New method for the determination of the size of the liver and spleen. Am. J. Gastroenterol. 23 (1955) 147

45. Ossenberg, F.W., G.H. Bützow, K. Becker Die Selektion zur portocavalen Shunt-operation - ein ungelöstes Problem. Inn. Med. 3 (1976) 371

46. Otto, P. Die Ultraschalldiagnostik bei Erkrankungen des Abdominal- und Retroperitonealraumes. Huber, Bern, Stuttgart, Wien, 1973

47. Pätzold, H.J. Der Einsatz der Ultraschallmeßtechnik bei der Überwachung der Frakturheilung. Zentralblatt für die Chirurgie, Leipzig, 26 (1977) 1639

48. Paquet, K.J. Zur Therapie der Ösophagusvarizenblutung durch Wandsklerosierung, gastroösophageale Diskonnektion und Shunt: Indikationen, Komplikationen, Früh- und Spätergebnisse. Persönliche Mitteilung, 1978

49. Rasmussen,S.N. Liver volume determination by ultrasonic scanning. Brit. J. Radiol. 45 (1972) 579

50. Rasmussen,S.N. Liver volume determination by ultrasonic scanning. Laegeforeningens Forlag, Copenhagen,1977

51. Rautenberg, P. — Röntgenphotographie der Leber, der Milz und des Zwerchfells. Dtsch. Med. W.schr. (1914) 1205

52. Reinhold, E. — Ultrasonics in early pregnancy - diagnostic scanning and fetal motor activity. S. Karger-Verlag 1976

53. Resnick, R.H., F.L. Iber, A.M. Ishihara, T.C. Chalmers, H. Zimmermann — A controlled study of the therapeutic portacaval shunt. Gastroenterology 67 (1974) 843

54. Rettenmaier, G. — Lebersonographie. Quantitative Auswertung bei diffuser Leberkrankheit. Thieme, Stuttgart, 1977

55. Riemenschneider, P.A., J.P. Whalen — The relativ accuracy of estimation of enlargement of the liver and spleen. Am. J. Roentgen. 94 (1965) 462

56. Rollo, F.D., DeLand, F.H. — The determination of liver mass from radionucleide images. Radiology 91 (1968) 1191

57. Spencer, R.P. — Quantitative radioisotopic approaches to hepatic size and function. Am. J. Dig. Diseases 12 (1967) 515

58. Starzl, T.E., K. Watanabe, K.A. Porter, C.W. Putnam — Effects of insulin, glucagon, and insulin/glucagon infusion on liver morphology and cell division after complete portocaval shunt in dogs. Lancet I (1976) 821

59. Trier, H.G. — Gewebsdifferenzierung mit Ultraschall. Habilitationsschrift, Bonn, 1974

60. Walk, L. Roentgenologic determination of the liver volume.
Acta Radiol. 55 (1961) 49

61. White, D.N. Ultrasound in medical diagnosis.
Ultramedison, Kingston, Ontario, 1976

62. Wieland, R.L. Radioisotope therapy
Acad. Press, New York, 1951

63. Winkler, C., R. Saamer, B. Hünermann Beurteilung der Lebergröße nach dem Szintigramm.
Nuc. Compact., 1 (1973)

64. Yagan, R., W.J. Macintyre, J.H. Christie Estimation of liver size by the multiple cut off scintillation scanning technique.
Am. J. Roentgen. 88 (1962) 289

65. Zöckler, C.E. Chirurgische Behandlung der chronischen portalen Hypertension.
In: C.E. Zöckler, T. Gheorghiu: Die portale Hypertension. Witzstrock, Baden-Baden, Brüssel, Köln, 1975

## Lebenslauf

Am 14.1.1950 wurde ich als zweiter Sohn des Chemotechnikers Alfred Glase und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Liebermann, in Holzminden geboren.

Die Volksschule besuchte ich von Ostern 1956 bis Ostern 1964. Anschließend nahm ich am damals noch freiwilligen neunten Schuljahr teil. Von 1965 bis 1968 absolvierte ich eine kaufmännische Lehre im Großhandel, die ich mit der Kaufmannsgehilfenprüfung abschloß. Von 1968 bis 1972 war ich Schüler des Bischöflichen Abendgymnasiums in Essen und legte dort im altsprachlichen Zweig die Reifeprüfung ab.

Im Wintersemester 1973 begann ich an der Ruhruniversität Bochum mit dem Studium der Medizin. Nach bestandener ärztlicher Vorprüfung wechselte ich im Wintersemester 1975 zur Universität Bonn. Hier legte ich im Sommersemester 1976 das erste und vier Semester später das zweite Staatsexamen ab. Den letzten Teil des Staatsexamens bestand ich am 15. und 17. Oktober 1979.